

UNIVERSIDAD DE PANAMA
VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y TECNOLOGIA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**VARIACION ESPACIO TEMPORAL DE LAS COMUNIDADES DE DIATOMEAS
EN DOS SUSTRATOS NATURALES Y SU RELACIÓN CON ALGUNOS
PARAMETROS FISICOQUIMICOS EN TRES RIOS DE LA
CUENCA HIDROGRAFICA DEL CANAL DE PANAMA**

MARIA IVETTE PEREZ APARICIO

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON ORIENTACIÓN EN LIMNOLOGIA**

Panama, Republica de Panamá.

2010



Título de la Tesis **"VARIACION ESPACIO-TEMPORAL DE LAS COMUNIDADES DE DIA
TOMEAS EN DOS SUSTRATOS NATURALES Y SU RELACION CON ALGUNOS PARA
METROS FISICOQUÍMICOS, EN TRES RÍOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL
CANAL DE PANAMÁ**

TESIS

**SOMETIDA PARA OPTAR AL TITULO DE MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
CON ORIENTACIÓN EN LIMNOLOGIA**

Nombre de la Estudiante **MARIA IVETTE PÉREZ APARICIO** Cedula **6 59 671**

Vicerrectoría de Investigación y Postgrado

Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología

PROBADO POR

**Doctora Yolanda Águila
Presidenta**

**Doctor Alfredo Soler
Miembro**

**Doctor Belgis Chial
Miembro**

EFRENDADO POR

**REPRESENTANTE DE LA VICERRECTORÍA
DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**

ECHA

26/05/2010

DEDICATORIA

A mis seres queridos, por siempre

Ana Patricia y Edilberto

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a la Dra. Yolanda Aguila S por su tiempo dedicacion ensenanza y sabios consejos A la Dra. Marilyn Dieguez por su confianza y colaboracion en todo momento Al Dr Alfredo Soler por darme la oportunidad de conocer el maravilloso mundo de las diatomeas Al Dr Belgis Chial, por sus aportes para la mejora del documento Al M Sc Gonzalo Carrasco por su contribucion a este trabajo Al Lic Ivan Dominguez por la cooperacion brindada. Al Centro de Ciencias del Mar y Limnologia y al Dpto de Biologia Marina y Limnologia, por todo su respaldo A todo el personal de la Unidad de Calidad de Agua y de la Unidad de Operaciones de la Autoridad del Canal de Panama (ACP), por el apoyo logistico y a todas aquellas personas que de una u otra forma, contribuyeron en la realizacion de este trabajo

(b ₂) Abundancia total/ especie cinco especies mas abundantes/ estudio (7 meses) por temporada, para datos Es	58
(b ₃) Comparacion de los datos NEs y Es	65
(c) Comparación de los sustratos en cuanto a curvas de rarefacción riqueza/ mes abundancia/ mes temporada y análisis jerárquico (Piedra + Hojarasca) para NEs y Es	66
(c ₁) Curvas de rarefaccion, para datos NEs	66
(c ₂) Curvas de rarefaccion para datos Es	70
(c ₃) Riqueza/ mes abundancia/ mes y análisis jerárquico para datos NEs y Es	73
(c _{3 1}) Riqueza/ mes para datos Es	73
(c _{3 2}) Abundancia/ mes para datos Es	75
(c _{3 3}) Cluster(Bray Curtis) por sustrato temporada para datos Es	79
(c ₄) Comparación de la abundancia de las cinco especies dominantes por temporada (cuadros) para datos NEs y Es	81
(c _{4 1}) Datos NEs	81
(c _{4 2}) Datos Es	84
3 Relación entre parametros fisicoquimicos biologicos y sitios de estudio	87
(a) Correlacion de Rangos de Spearman entre los parámetros fisicoquimicos y biologicos para datos NEs	89
(b) Analisis de Correspondencia Simple (ACS) para datos NEs y Es	90
(b ₁) Asociación de los parámetros biologicos con los sitios de estudio	90
(b ₂) Asociacion de los parámetros fisicoquimicos con los sitios de estudio	93
DISCUSION	96
CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFIA CITADA	122
ANEXOS	
I Estrategia de análisis	129
II Parámetros fisicoquimicos y microbiologicos en los sitios de estudio	139
Parametros hidráulicos de los sitios de estudio	140
III Matrices de datos biologicos	141
IV Morfometria de diatomeas	154
Lamina de diatomeas	155

INDICE DE FIGURAS

Fig 1	Estaciones de muestreo	11
Fig 2	Seccion transversal del rio Boqueron (Estación Peluca)	12
Fig 3	Sección longitudinal del rio Chagres (Estación Chico)	13
Fig 4	Sección transversal del río Chagres(Estación Chico)	13
Fig 5	Sección transversal del rio Trinidad (Estacion Los Chorros)	14
Fig 6	Seccion longitudinal del rio Trinidad (Estación Los Chorros)	14
Fig 7	Diseño experimental	18
Fig 8	Variación mensual de los parámetros fisicoquimicos en Boquerón	27
Fig 9	Variación mensual de los parámetros fisicoquimicos en Chagres	28
Fig 10	Variación mensual de los parametros fisicoquímicos en Trinidad	29
Fig 11	Dendrograma para piedra, tres rios y datos NEs	33
Fig 12	Dendrograma para piedra, tres rios y datos Es	33
Fig 13	Dendrograma para hojarasca, tres rios y datos NEs	34
Fig 14	Dendrograma para hojarasca, tres rios y datos Es	35
Fig 15	Curvas de rarefacción para piedra, tres rios y temporada lluviosa (NEs)	37
Fig 16	Curvas de rarefaccion para piedra, tres rios y temporada seca (NEs)	38
Fig 17	Curvas de rarefacción para hojarasca, tres rios y temporada lluviosa (NEs)	39
Fig 18	Curvas de rarefacción para hojarasca, tres ríos y temporada seca (NEs)	40
Fig 19	Curvas de rarefacción para piedra, tres rios y temporada lluviosa (Es)	41
Fig 20	Curvas de rarefaccion para piedra, tres rios y temporada seca (Es)	42
Fig 21	Curvas de rarefacción para hojarasca, tres rios y temporada lluviosa (Es)	43
Fig 22	Curvas de rarefacción para hojarasca, tres rios y temporada seca (Es)	44
Fig 23	Dendrograma para piedra, tres rios y temporada lluviosa (NEs)	45
Fig 24	Dendrograma para piedra, tres rios y temporada seca (NEs)	45
Fig 25	Dendrograma para piedra, tres rios y temporada lluviosa (Es)	46
Fig 26	Dendrograma para piedra, tres rios y temporada seca (Es)	46
Fig 27	Dendrograma para hojarasca, tres ríos y temporada lluviosa (NEs)	47
Fig 28	Dendrograma para hojarasca, tres rios y temporada seca (NEs)	48
Fig 29	Dendrograma para hojarasca, tres rios y temporada lluviosa (Es)	48
Fig 30	Dendrograma para hojarasca, tres rios y temporada seca (Es)	49
Fig 31	Curvas de rarefacción Boquerón, temporada lluviosa (NEs)	67
Fig 32	Curvas de rarefacción Chagres temporada lluviosa (NEs)	67
Fig 33	Curvas de rarefacción Trinidad, temporada lluviosa (NEs)	67
Fig 34	Curvas de rarefacción Boquerón temporada seca (NEs)	69
Fig 35	Curvas de rarefacción Chagres temporada seca (NEs)	69
Fig 36	Curvas de rarefacción Trinidad temporada seca (NEs)	69
Fig 37	Curvas de rarefacción Boquerón, temporada lluviosa (Es)	70
Fig 38	Curvas de rarefaccion Chagres temporada lluviosa (Es)	71
Fig 39	Curvas de rarefaccion Trinidad, temporada lluviosa (Es)	71
Fig 40	Curvas de rarefacción Boquerón, temporada seca (Es)	72
Fig 41	Curvas de rarefacción Chagres temporada seca (Es)	72
Fig 42	Curvas de rarefacción Trinidad, temporada seca (Es)	72

Fig 43	Riqueza de especies por sustrato en Boquerón	73
Fig 44	Riqueza de especies por sustrato en Chagres	74
Fig 45	Riqueza de especies por sustrato en Trinidad	74
Fig 46	Abundancia de diatomeas en piedras del río Boquerón	75
Fig 47	Abundancia de diatomeas en piedras del río Chagres	76
Fig 48	Abundancia de diatomeas en piedras del río Trinidad	76
Fig 49	Abundancia de diatomeas en hojarasca del río Boquerón	77
Fig 50	Abundancia de diatomeas en hojarasca del río Chagres	78
Fig 51	Abundancia de diatomeas en hojarasca del río Trinidad	78
Fig 52	Comparación de los sustratos (cluster) por ríos y temporada lluviosa	80
Fig 53	Comparación de los sustratos (cluster) por ríos y temporada seca	81
Fig 54	Análisis de correspondencia simple piedra (NEs)	91
Fig 55	Análisis de correspondencia simple piedra (Es)	91
Fig 56	Análisis de correspondencia simple hojarasca (NEs)	92
Fig 57	Análisis de correspondencia simple hojarasca (Es)	92
Fig 58	Análisis de correspondencia simple especies vs sustratos por ríos	93
Fig 59	Análisis de correspondencia simple parámetros físicoquímicos (T lluviosa)	94
Fig 60	Análisis de correspondencia simple parámetros físicoquímicos (T seca)	95
Fig 61	Caracterización física y química de los sitios de estudio	129
Fig 62	Comparación de los tres ríos	131
Fig 63	Abundancia de las cinco especies dominantes por sustrato río temporada para Datos NEs y Es	133
Fig 64	Comparación de los sustratos en cuanto a curvas de rarefacción riqueza/mes abundancia/mes temporada y análisis jerárquico (Piedra + Hojarasca) para NEs y Es	135
Fig 65	Correlación de Rangos de Spearman	136
Fig 66	Análisis de correspondencia simple (ACS)	138

ABREVIATURAS UTILIZADAS

H	Indice de Shannon Weaver
D	Indice de Simpson
ACS	Análisis de Correspondencia Simple
msnm	Metros sobre el nivel del mar
ACP	Autoridad del Canal de Panamá
ROR	Region Oriental de la Cuenca del Canal
E(f)	Indice de Diagnostico Fisico Conservacionista
a	Sustrato piedra
b	Sustrato hojarasca
NEs	No estandarizado
Es	Estandarizado
PMCC	Programa de Monitoreo de la Cuenca del Canal
C	Centigrados
mg/l	Miligramos por litro
NTU	Unidades nefelométricas
μS/cm	microSiemens/cm
TDS	Sólidos disueltos totales
TSS	Sólidos suspendidos totales
pH	Potencial de hidrogeno
Ca ²	Calcio
Mg ²⁺	Magnesio
Na ⁺	Sodio
HCO ₃	Bicarbonatos
SO ₄ ²	Sulfatos
PO ₄ ³	Fosfatos
NO ₃	Nitratos
CO ₂	Dioxido de carbono
P	Piedra
H	Hojarasca
n	Numero de valvas (individuos)
ES	Especies
Gsch	<i>Geissleria schoenfeldii</i>
Cpla	<i>Cocconeis placentula</i> var <i>euglypta</i>
Ninca	<i>Navicula incarum</i>
Gsim	<i>Geissleria similis</i>
Ndecu	<i>Navicula decussis</i>
Fuln	<i>Fragilaria ulna</i>
Ntene	<i>Navicula tenelloides</i>
Bpaxi	<i>Bacillaria paxillifer</i>
Ctur	<i>Cymbella turgidula</i>
Caff	<i>Cymbella affinis</i>
Aacu	<i>Amphora acutiuscula</i>

Nsch	<i>Navicula schroeteri</i>
Npale	<i>Nitzschia palea</i>
Alan	<i>Achnanthes lanceolata</i>
S ₃ R	Seca tres rios
LL ₃ R	Lluviosa tres rios
S	Seca
LL	Lluviosa
P ₁ (B)	Piedra Boquerón
P ₂ (CH)	Piedra Chagres
P ₃ (T)	Piedra Trinidad
P1	Piedra muestra No 1
P2	Piedra muestra No 2
H1	Hojarasca muestra No 1
H2	Hojarasca muestra No 2
μm	Micrómetro
L	Longitud
A	Ancho
E	Estrias
F	Fíbulas

RESUMEN

Se estudiaron las comunidades de diatomeas de dos sustratos naturales en tres ríos de la Región Oriental de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, durante algunos meses de las temporadas lluviosa (2005) y seca (2006). En el sitio de muestreo ubicado en el tramo bajo de cada río se procedió a coleccionar el material biológico mediante raspados de seis piedras y de diez hojas escogidas al azar. Este material se sometió a oxidación mediante la técnica de Muller Melchers y Ferrando (1956) y se procedió al conteo de 300 valvas de diatomeas por muestra. En todo el estudio se logró determinar 157 especies de diatomeas siendo la mayoría cosmopolita. La mayor riqueza específica se registró en las muestras de piedras (94) y hojarasca (94) del río Trinidad principalmente durante la temporada lluviosa. Para el análisis de los datos se utilizaron técnicas estadísticas descriptivas (riqueza, diversidad, dominancia, abundancia) y multivariadas (Análisis de Conglomerados). A través del análisis de conglomerados (Cluster) se logró determinar una mayor similitud taxocenótica entre las muestras de piedras y hojarasca de Boquerón y Chagres. Mediante el índice de Shannon Weaver (H') se confirmó una mayor diversidad de diatomeas en Trinidad, en tanto que el índice de Simpson (D') mostró la mayor dominancia de especies en el río Chagres para ambos sustratos. El Análisis de Correspondencia Simple (ACS) permitió definir asociaciones de diatomeas con los ríos así como una mayor asociación de ciertos parámetros fisicoquímicos con estos ríos. El Análisis de Correlación de Rangos de Spearman demostró relación entre las diatomeas dominantes y algunos parámetros fisicoquímicos.

ABSTRACTS

We studied diatoms communities from two natural substrates in three rivers of the Panama Canal Basin (Eastern Region) during the rainy and dry seasons of 2005 and 2006 respectively. Samples were collected at the low reaches of Boquerón, Chagres and Trinidad rivers where they flow to Alajuela and Gatun lakes. Sample of diatoms were scrapped of six stones and ten selected leaves at random and, we used the Muller Melchers and Ferrando technique (1956) to process the samples. A total of three hundred diatoms valves were counted per sample. We identified 157 diatom species being the majority cosmopolitan. Higher species richness was estimated at the Trinidad river for both stones (94) and leaves (94) mainly in rainy season samples. Descriptive statistics (richness, diversity, dominance and abundances) and multivariate techniques (Hierarchical Analysis) were used to analyse the data. Hierarchical Analysis (Cluster) showed greater taxonomical similarity between stones and leaf packs samples from Boquerón and Chagres. By means of Shannon Weaver (H') Index we determined greater diversity of diatoms in Trinidad too. Simpson's Index (D') showed higher dominance of some species in Chagres river for both substrates. Simple Correspondence Analysis (SCA) showed some associations of diatoms community and the physico-chemical parameters with the study sites. Relationships between dominant diatoms and some physico-chemical parameters were showed by the Spearman Rank Correlation Analysis.

INTRODUCCIÓN

1 Antecedentes

El deterioro ambiental que sufren los recursos acuáticos ha motivado el interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo. Esto ha generado que se incrementen o fortalezcan los programas de monitoreo de calidad del agua, que no sólo incorporan parámetros físicos-químicos sino también biológicos para estimar el efecto de posibles intervenciones antrópicas.

Los parámetros físicos, químicos e hidrológicos así como las perturbaciones y la heterogeneidad espacial y temporal en los ríos definen la distribución, dispersión, colonización y la respuesta de los organismos al medio. En el trópico existe una estacionalidad climática debida a los periodos de lluvia y sequía de cada región de manera que tales variaciones generan cambios en pequeña escala en los procesos y patrones dentro de las comunidades (Martínez y Donato 2003). En el pasado Palmer y Poff (1997) sostenían que la heterogeneidad de factores bióticos y abióticos a escala espacial y temporal influye en los procesos (competencia, depredación, dispersión) y patrones (abundancia, distribución, diversidad) que se presentan en las poblaciones y comunidades de los ríos.

Los nutrientes juegan un rol fundamental en la dinámica de los sistemas lóticos. Estos regulan la tasa a la cual importantes procesos ecológicos (productividad primaria o descomposición) ocurren en los ríos. Meyer et al. (1988). Perturbaciones naturales y antropogénicas en los ecosistemas terrestres, conducen a cambios en la cantidad de

nutrientes que entran al río. Las concentraciones de nutrientes tienden a incrementarse con el uso de la tierra, en respuesta a la escorrentia de fertilizantes y a la excrecion de los animales en áreas adyacentes al río o directamente en este (Townsend y Riley 1999. En Hagen et al. 2006). Variaciones en los nutrientes provocarían alteraciones de la estructura de la comunidad que habita en ellos.

En relación a las perturbaciones éstas pueden variar a escala espacial y temporal e influir también, en la biota de los sistemas lóticos. Tradicionalmente las perturbaciones han sido consideradas eventos que provocan cambios estructurales en las comunidades naturales (Sousa 1984. En Resh et al. 1988). Un caso en particular sería el régimen hidrológico que en condiciones de flujo extremo podría provocar pérdida en el número o biomasa de ciertas especies a través de la inundación o desecación. Sin embargo existen organismos adaptados a modificaciones en las condiciones físicas, químicas e hidrológicas del medio que habitan.

Mosisch (2001) considera a la perturbación como una de las principales fuerzas que influye en la estructura y dinámica de las comunidades naturales. Eventos perturbadores en los ríos tales como la movilización del sustrato o severa presión de los ramoneadores (grazers) [Cummings y Klug 1979] tienen efectos fácilmente observables en las asociaciones algales. Por su parte la desecación es un factor importante en controlar las comunidades epilíticas en ríos. En ciertas especies de algas han sido observadas respuestas fisiológicas (engrosamiento de las paredes celulares y secreción de mucilago) como adaptaciones al estrés por la desecación.

En relación al perifiton, este suele estar representado por un compleja película biológica que consiste de bacterias protozoos algas polisacáridos celulares detrito y material inorgánico (Lock 1993 En Wellnitz et al 1996) Las comunidades perifíticas algales constituyen el mayor grupo de productores primarios y la mayor fuente de materia orgánica autóctona (Wetzel 1983) Segun Round (1981) probablemente más del 90% de todas las especies de algas crecen adheridas a un sustrato Por tal motivo un mayor conocimiento de la estructura y funcion de estas comunidades resulta de gran importancia para una mejor comprensión de los mecanismos energéticos y la conservación de la biodiversidad en estos ecosistemas Variaciones en la biomasa del perifiton, pueden ser causadas por factores como la composicion del sustrato temperatura, pastoreo (grazing) luz y suministro de nutrientes (Hansson, 1992)

En Kutka y Richards (1996) se hacía referencia a que las asociaciones de diatomeas en los rios variaban de acuerdo con características físicas a diferentes escalas Muchos estudios relacionan éstas asociaciones a las condiciones que imperan en el hábitat a pequeña escala En consecuencia, diferentes tipos de sustratos como arena y rocas pueden influir en la composicion de especies

Segun Burkholder (1996 En Stevenson et al 1996) entre todos los tipos de sustratos bentónicos los mas comunmente estudiados para la interacción con los colonizadores superficiales algales son las plantas Una serie de material vegetal está disponible para la colonización, incluidas las hojas y tallos de plantas vasculares sumergidas los tallos de las plantas vasculares emergentes raices madera, corteza y las hojas desprendidas de los árboles a lo largo de arroyos y riberas de lagos La abundancia de algas y la composicion

de especies estan controladas por el tiempo disponible para la colonizacion y por la microtopografia del sustrato. Asi por ejemplo se espera que en una hoja con estado de envejecimiento esté colonizada mas densamente de algas y bacterias que una hoja joven en la misma planta (Burkholder and Wetzel 1989a En Stevenson et al 1996). Por lo tanto los beneficios que reciben las epifitas en plantas son los de contar con un sitio para el crecimiento y el acceso a una fuente secundaria de nutrientes. En este sentido la mayoria de las formas de fácil utilizacion de los nutrientes (amonia, fosfatos y azucares simples) se liberan de los tejidos vegetales durante su envejecimiento y la descomposición temprana.

De igual manera, otros factores como la velocidad de la corriente y la luz también intervienen en la tasa de colonización y composicion de la microflora. La velocidad de corriente es uno de los más importantes factores fisicos que afecta la distribución e induce heterogeneidad en las comunidades de algas bénticas dentro de un hábitat (Stevenson et al 1996 En Soininen, 2004). Por su parte la luz constituye un importante determinante de la estructura de las comunidades de algas benticas y función en los ecosistemas de rios influyendo en la biomasa (Steinman y McIntire 1989 En Rier et al 2006) productividad (Bott et al 1985 En Rier et al 2006) y composicion taxonomica (Steinman y McIntire 1987 En Rier et al 2006). De igual forma, Hill y Knight (1988 En DeNicola et al 1992) sostenian que las algas bénticas en las secciones sombreadas de los rios estaban usualmente limitadas por la luz y que un incremento en la irradiacion, provocaba un aumento en la productividad del perifiton y biomasa y alteraba la composición de especies.

En Wellnitz et al (1996) se señalaba que las actividades de los ramoneadores (grazers) en los ríos contribuía a la variación de la estructura de la comunidad algal. Al respecto Feminella et al (1989 En Wellnitz et al 1996) sostenía que los herbívoros pueden eliminar células individuales de algas y provocar una reducción de la biomasa perifítica. A gran escala espacial variaciones en la composición de la microflora y en el crecimiento de estas comunidades suelen ocurrir por diferencias en la geomorfología y uso de la tierra en las subcuencas (Leland 1995 En Kutka y Richards 1996)

La composición de algas de diferentes sustratos muestreados en un mismo sitio es variable ya que algunas de estas presentan mejores adaptaciones a un microhábitat que otras (Round 1981 En Potapova y Charles 2005). En pequeña escala, el tipo de sustrato es uno de los principales factores en determinar la variabilidad en las asociaciones algales. Existe cierta tendencia a la preferencia de ciertas comunidades perifíticas por determinados sustratos quizás debido a la naturaleza química del agua, el grado de rugosidad del sustrato y las estructuras adaptativas de adhesión que poseen los organismos que allí habitan (Roldán 1992). Por lo anterior el perfiton tiene un mejor desarrollo en sustratos estables y donde la acción de las corrientes sea mínima.

De acuerdo con Sanson Stolk y Downes (1995 En Bergey 2005) la química de los sustratos puede afectar el crecimiento de algas independientemente de la heterogeneidad de la superficie del sustrato. Según Peterson y Stevenson (1989) el acondicionamiento del sustrato puede modificar la relación entre la corriente y la colonización de las algas. Se ha encontrado que la colonización inicial en un sustrato desnudo es mucho más baja en

áreas de corrientes rápidas que en corrientes lentas debido al incremento de la fricción en los ambientes de flujo rápido

Diversas comunidades biológicas han sido utilizadas como indicadores de la calidad de agua en los sistemas lóticos y lénticos. Entre las microalgas, las diatomeas (Bacillariophyceae) representan el grupo dominante y son preferidas en los monitoreos debido a que pueden registrar rápidamente cambios influenciados por las variables físicas y químicas del agua. Estas variables son de importancia en la determinación de la estructura de las comunidades en ríos tropicales (Díaz Quirós y Rivera Rondón, 2004)

En términos generales, los estudios de los ecosistemas dulceacuicolas en la República de Panamá, se han basado fundamentalmente en sus características físicas, químicas e hidrológicas. Pocos trabajos contemplan la incorporación de diatomeas en la evaluación de estos cuerpos de agua. En este sentido, sólo contamos con las contribuciones de Casal (1994) y Castillo y Robles (1991) en el Lago Gatun, Martínez (2004) en el Lago Las Cumbres y Sánchez (2004) en el río Mazambí Grande (Corregimiento de Ancón, Provincia de Panamá), quienes determinaron las comunidades de diatomeas en estos ambientes lentos y lóticos. No existen hasta el momento reportes de esta microflora en los ríos de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, por lo que es oportuno conocer la estructura de esta comunidad en el área y determinar los cambios en abundancia y diversidad que experimentan en espacio y tiempo, motivados quizás en parte por variaciones o posibles alteraciones en la calidad de estas aguas. Este estudio permitirá, además, establecer lineamientos generales para la posible utilización de las diatomeas en

la evaluación de la calidad del agua, toda vez que en nuestro país se está definiendo normativa al respecto

2 Hipótesis de trabajo

En base a los conocimientos sobre este grupo de algas es de esperar desde el punto de vista cualitativo similitud entre las especies de los sustratos piedras y hojarasca. En relación a los aspectos cuantitativos podría presentarse mayor abundancia de individuos en las piedras debido en parte a que estas representan condiciones más estables que la hojarasca en el mantenimiento de la comunidad. Consideramos que durante la temporada seca, podrá haber mayor riqueza de estas algas propiciado esto por condiciones óptimas de luz, temperatura, poca velocidad de corriente entre otros factores.

3 Objetivos

Objetivo general

Estudiar las variaciones espacio temporales de las comunidades de diatomeas en dos sustratos naturales (piedras y hojarasca) y su relación con algunos parámetros fisicoquímicos en tres ríos de la Región Oriental de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, durante la temporada lluviosa del 2005 y la seca del 2006

Objetivos específicos

- Seleccionar los sitios de estudio
- Caracterizar física y químicamente los sitios de estudio
- Determinar la estructura de la comunidad de diatomeas en piedras y hojarasca.
- Comparar la composición de la microflora diatomológica en piedras y hojarasca.
- Determinar si existen asociaciones diatomológicas típicas para cada sustrato
- Determinar la posible relación entre las diatomeas dominantes y algunos parámetros fisicoquímicos

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende los tramos bajos de las subcuencas de los ríos Boquerón, Chagres y Trinidad dentro de la Región Oriental de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (Fig. 1)

ÁREA DE ESTUDIO



Departamento de Seguridad y Ambiente
División de Administración Ambiental
Sección de Manejo de Cuenca



Estaciones de Muestreo
de Perifiton y Macroinvertebrados



Escala: 1:366,000



Localización Regional



Fig. 1 Estaciones de muestreo. Fuente: Autoridad del Canal de Panamá (ACP).

1. Descripción de los sitios

a. Río Boquerón:

La subcuenca del río Boquerón (Fig. 1), está ubicada en el extremo noreste de la Cuenca del Canal a 400 m (0,25 mi) aguas abajo de su confluencia con la Quebrada Peluca, en el Distrito de Colón, Provincia de Colón. Sus coordenadas geográficas son: 9° 22' 48" de latitud Norte y 79° 33' 40" de longitud Oeste. Su área de drenaje es de 91 km² (35 mi²). El río principal es Boquerón y nace en la parte alta de Sierra Llorona, a 240 msnm y se desplaza en dirección norte-suroeste con una longitud total de 27 Km de recorrido. El tipo de drenaje es dendrítico y su densidad es de 2,03 Km/Km². Según el orden de la corriente, el río Boquerón cuenta con órdenes del 1 al 5. La relación de bifurcación más alta la encontramos en los órdenes 4 y 5. En este río está ubicada la estación Peluca (Fig. 2). Según datos registrados, el caudal anual promedio es de 6,27 m³/s (ACP, 2006 a).

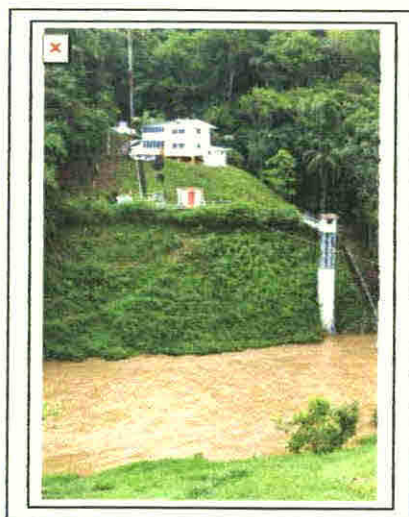


Fig. 2 Sección transversal del río Boquerón (Estación Peluca).

b. Río Chagres:

La subcuenca del río Chagres (Fig. 1), se ubica en el extremo noroeste de la Cuenca del Canal a 2 Km. (1,2 mi) aguas arriba de la comunidad Emberá, en el Distrito de Panamá, Provincia de Panamá. Sus coordenadas geográficas son: 9° 15' 49" de latitud Norte y a 79° 30' 35" de longitud Oeste. Cuenta con un área de drenaje de 550,6 Km². El drenaje es de tipo dendrítico con una densidad de 2,44 Km./Km². Nace en las montañas al inicio de la Cordillera de San Blas a 609 msnm, y sigue un curso este-suroeste con una longitud de 50,8 Km., hasta su desembocadura. El río Chagres tiene órdenes 1 a 4 y una mayor relación de bifurcación entre los órdenes 3 y 4. Según datos registrados, el caudal anual promedio es de 26,6 m³/s (ACP, 2006 a). En las Figs. 3 y 4, se observan las secciones longitudinales y transversales del río Chagres, y hacia la orilla, se localiza la estación Chico.



Fig. 3 Sección longitudinal del río Chagres (Estación Chico).



Fig. 4 Sección transversal del río Chagres (Estación Chico).

c. Río Trinidad:

La subcuenca del río Trinidad (Fig. 1), está ubicada en el sector suroeste de la Cuenca del Canal a 1,2 Km. (0,74 mi) aguas arriba del Puerto de Trinidad, cerca del poblado Los Chorros de Trinidad, en el Distrito de Capira (Provincia de Panamá). Sus coordenadas geográficas son: 8° 58' 32" de latitud Norte y 79° 59' 25" de longitud Oeste. Su área de drenaje es de 174,0 Km² (67 mi²). Su drenaje es del tipo paralelo con una densidad de 1,57 Km./Km². Nace en la ladera oeste del cerro Los Monos a 893 msnm, y corre en dirección sur-norte con una longitud de 57,6 Km. El río Trinidad tiene seis órdenes de corriente y cuenta con una mayor relación de bifurcación entre los órdenes 5 y 6. Esta subcuenca está constituida principalmente por rocas volcánicas. El mineral calcita se ubica principalmente en la desembocadura y ocupa 3% de la superficie. En las Figs. 5 y 6, se presentan las secciones transversales y longitudinales del tramo bajo del río y a orillas de este, se ubica la estación Los Chorros.



Fig. 5 Sección transversal del río Trinidad (Estación Los Chorros).



Fig. 6 Sección longitudinal del río Trinidad (Estación Los Chorros).

MATERIALES Y METODOS

1 Selección de los sitios

El personal técnico de la ACP seleccionó un sitio (estación de muestreo) en la parte baja de la subcuenca de tres ríos localizados en la Región Oriental (ROR) de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Se determinó en base al Índice de Diagnóstico Físico Conservacionista [E(f)] la existencia de un gradiente de menor a mayor intervención humana en Chagres (estación Chico), Boquerón (estación Peluca) y Trinidad (estación Chorro).

El Índice de Diagnóstico Físico Conservacionista, es un método mediante el cual se evalúan diferentes parámetros físicos de una cuenca o subcuenca con el fin de estimar el valor crítico del factor erosivo $E(f)$ indicativo del estado o condición de la cuenca con respecto a la erosión. La expresión para la determinación del diagnóstico físico se presenta a continuación:

$$E(f) = Z_v + D + d + P + L + E + e + V$$

Donde

$E(f)$ = Valor del proceso erosivo actual

Z_v = Zona de vida

D = Degradación específica (erosión potencial)

d = Sedimentos medidos en la estación (erosión actual)

P = Pendiente media de la cuenca o subcuenca

L = Geología de la cuenca o subcuenca

E = Erodabilidad de las rocas

e = Cobertura del proceso actual de erosión

V = Vegetación

La fórmula refleja un análisis cuantitativo de la unidad hidrográfica analizada. Esta evalúa la condición física de la cuenca, estableciendo valores críticos máximos y mínimos acotados entre 8 y 40 en el método original los cuales representan una cuenca en buenas condiciones y una cuenca degradada, respectivamente basados en los niveles de degradación por erosión. Para los ríos de la Cuenca del Canal se ajustaron los valores del proceso erosivo (Cuadro No. I)

Cuadro No. I Valor del Proceso Erosivo ajustado a los ríos de la Cuenca

Estado de Degradación	Rangos E(f)
Buena	12 18
Moderada	19 25
Mala	26 32

2 Trabajo de Campo

En la parte baja de la subcuenca de cada río y mensualmente técnicos de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) realizaron evaluaciones físicoquímicas y microbiológicas (Cuadro XXVIII Anexo II) e hidráulicas (Cuadro XXIX Anexo II) desde octubre del 2005 hasta abril del 2006. En cada río las mediciones de los parámetros físicoquímicos (pH, oxígeno disuelto, temperatura y conductividad) *in situ* se realizaron con la sonda multiparamétrica (Horiba o YSI).

Las muestras para los análisis microbiológicos fueron colectadas en frascos de vidrio previamente esterilizado que se introdujeron de 15 a 30 cm de profundidad. En cambio las muestras para los análisis químicos fueron colectadas en botellas de polipropileno debidamente rotuladas (ACP 2006).

Para la colecta del material diatomológico se estableció un tramo de 25 m en la parte baja de la subcuenca de cada río. Las muestras de diatomeas se colectaron de dos sustratos naturales (piedras y hojarasca) principalmente hacia uno de los bordes de los ríos y de acuerdo con el diseño muestral esquematizado en la Fig. 7. Los procedimientos para la obtención de las muestras de piedras y hojarasca se detallan a continuación.

Piedras

Se escogieron seis piedras de formas redondeadas y de superficie lisa al azar (en dos grupos de tres) donde se evidenciaba película biológica y se raspó la parte superior de las mismas con un cepillo de cerdas. El material se depositó en frascos de vidrio debidamente rotulados y fijados con formalina a una concentración final del 5%.

Hojarasca

Se colectaron diez hojas enteras de formas variadas (en dos grupos de cinco) que evidenciaron condicionamiento y que se encontraban acumuladas en el río. Con un cepillo de cerdas se raspó cada hoja y el material se depositó en frascos de vidrio fijado con formalina hasta alcanzar una concentración final del 5%.

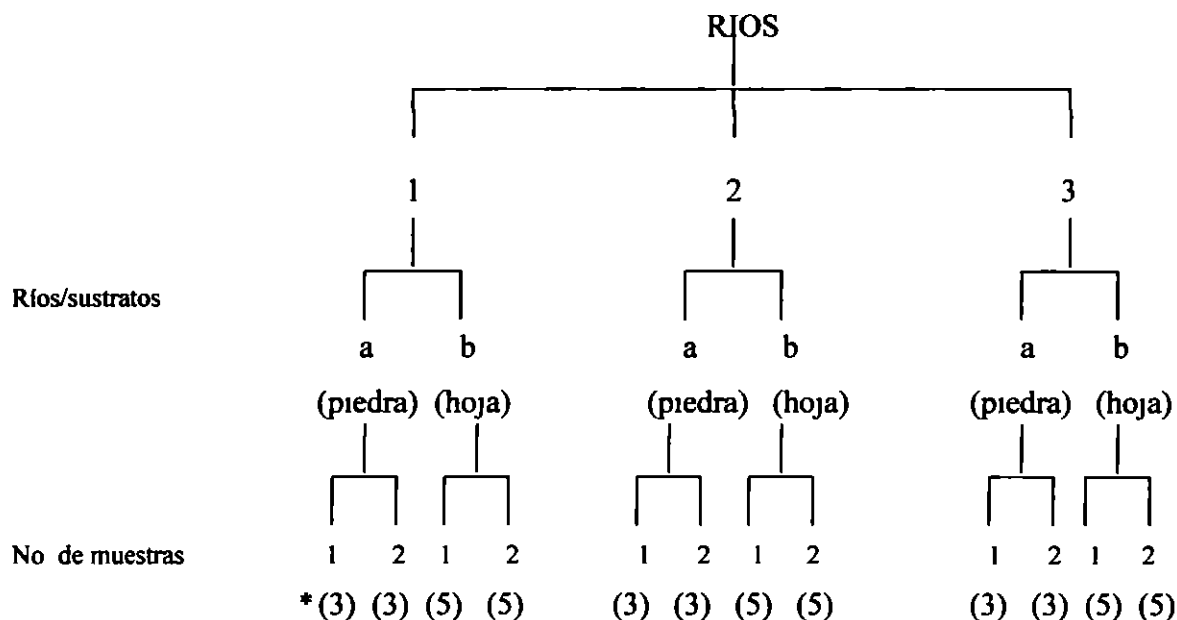


Fig 7 Diseño muestral * (3) y (5) representan las cantidades de piedras y hojas colectadas en cada río

3 Trabajo de Laboratorio

a Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Una vez las muestras en el laboratorio se procedió al análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Cuadro II) utilizando los métodos descritos en el Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (SM 20th Edición). Para el análisis de nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos y metales, las muestras pasaron previamente por un filtro de 0.45 µm de porosidad. En cambio, los análisis de DBO₅, turbiedad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos y bacterias coliformes se realizaron sin una filtración previa. Los métodos utilizados para los análisis de los sólidos suspendidos y disueltos implicaron filtración, retención, secado y pesado de las partículas contenidas en las muestras (ACP 2006 a).

Cuadro II. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS. Fuente ACP (2006 a).

PARÁMETROS	MÉTODOS	UNIDADES
FÍSICOS		
Temperatura	Electrométrico (Orión modelo 250A)	° C
Turbiedad	Nefelométrico (SM 2130 B)	UNT (unidades nefelométricas)
Sólidos totales disueltos	Gravimétrico (SM 2540-C)	mg/l
Sólidos totales suspendidos	Gravimétrico (SM 2540-D)	mg/l
QUÍMICOS		
Oxígeno disuelto	Electrométrico	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅ Prueba de 5 días (SM 5210 B)	mg/l
Nitratos	Columna de reducción de Cadmio (SM 4500-NO ₃ ⁻ E)	mg/l
Nitritos	Colorimétrico (SM 4500-NO ₂ ⁻ B)	mg/l
Fosfatos	Ácido ascórbico (SM 4500-P E)	mg/l
Sulfatos	Turbidimétrico (SM 4500 E)	mg/l
Alcalinidad Total (OH ⁻ , HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ⁻)	Titulación (SM 2320 B)	mg/l
Conductividad	Electrométrico (Orión modelo 150)	µS/cm
Metales (Na ⁺ , Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , K ⁺)	Espectrometría de absorción atómica (SM 3111 B)	mg/l
Potencial de hidrógeno (pH)	Electrométrico (Orión modelo 250A)	Unidades de pH
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes totales	Colilert (SM 9223 B)	NMP/100 ml
Coliformes fecales (<i>E. coli</i>)	Colilert (SM 9223 B)	NMP/100 ml

A continuación se describen los procedimientos utilizados en el laboratorio para los análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (coliformes):

- *Turbiedad* (Método Nefelométrico- SM 2130 B): el método nefelométrico se basa en la comparación de la intensidad de luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbidez. Como suspensión patrón de turbidez de referencia se emplea el polímero formacina. La turbidez de una

concentración especificada de suspensión de formacina se define como el equivalente a 40 unidades nefelométricas. Aparato turbidímetro. La sensibilidad del instrumento debiera permitir la detección de diferencia de turbidez de 0.02 UNT o menos en aguas con cifras de menos de 1 UNT con margen entre 0-40 UNT.

Sólidos totales disueltos (Gravimétrico SM 2540 C) se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio. El filtrado se evapora hasta que se seque en una placa pesada y secada a peso constante a 180 °C. El aumento de peso de la placa representa los sólidos totales disueltos. Límite de detección 10 mg/l.

Sólidos totales suspendidos (Gravimétrico SM 2540 D) se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante a 103-105 °C. El aumento de peso del filtro representa los sólidos totales suspendidos. Límite de detección 10 mg/l.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO 5 días SM 5210 B) el método consiste en llenar con muestra una botella de tamaño específico e incubarla a una temperatura específica por 5 días. El oxígeno disuelto es medido inicialmente y después de incubación y el DBO es estimado de la diferencia entre oxígeno disuelto inicial y final. Límite de detección 2 mg/l.

Nitratos (Método de Reducción de Cadmio SM 4500 NO₃-E) el nitrato (NO₃⁻) se reduce casi cuantitativamente a nitrito (NO₂⁻) en presencia de cadmio (Cd). Este método utiliza cadmio comercial en gránulos tratado con sulfato de cobre (CuSO₄) y como relleno de una columna de vidrio. El rango de aplicación de este método es de 0.01 a 1.0

mg/l NO_3^- N/l El método está especialmente recomendado para niveles de nitratos inferiores de 0.1 mg N/l donde otros metodos carecen de una adecuada sensibilidad

Límite de detección 0.01 mg/l

Nitritos (Método Colorimétrico-SM 4500 NO_2^- B) el nitrito es determinado a través de la formación de un producto purpura rojizo a pH 2.0 a 2.5 mediante acoplamiento de la sulfanilamida nitrogenada con N-(1-naftil)-dihidrocloruro de etilendiamina. El rango de aplicación del método para mediciones espectrofotométricas puede oscilar entre 5 a 50 μg N/l if a 5 cm light path and a green color filter are used Límite de detección 0.002 mg/l

Fosfatos (Método del Ácido Ascórbico SM 4500 P E) el molibdato amónico y el tartrato antimonílico potásico reaccionan en medio ácido con ortofosfato para formar un ácido heteropolar ácido fosfomolibdico que se reduce a azul de molibdeno de color intenso por el ácido ascórbico Concentración mínima detectable aproximadamente 10 μg P/l Límite de detección en laboratorio 0.02 mg/l Equipo colorimétrico espectrofotómetro

Sulfatos (Método Turbidimétrico 4500 E) el ión sulfato (SO_4^{2-}) precipita en un medio de ácido acético con cloruro de Bario (BaCl_2) de modo que forma cristales de Sulfato de Bario (BaSO_4) de tamaño uniforme Se mide la absorbancia luminosa de la suspensión de BaSO_4 con un fotómetro y se determina la concentración de SO_4^{2-} por comparación de la lectura con una curva patrón.

Alcalinidad total (Metodo de Titulación SM 2320 B) los iones hidroxilos presentes en una muestra como resultado de la disociacion o hidrólisis de los solutos reaccionan con las adiciones de acido estandar Por lo tanto la alcalinidad depende del punto final de pH utilizado Limite de detección 1 mg/l

Metales (Na^+ Ca^{++} Mg^{++} K^+) (Metodo Directo de Llama de Aire Acetileno SM 3111 B) el metodo es aplicable para la determinacion de antimonio bismuto cadmio calcio cesio cromo cobalto cobre oro iridio hierro plomo litio magnesio manganeso niquel paladio platino potasio rodio rutenio plata, sodio estroncio talio estaño y zinc por aspiracion directa en una llama de aire acetileno Aparato Espectrómetro de Absorción Atómica. Limite de detección 0.001 mg/l

Coliformes totales y fecales (E coli) Prueba enzimatica Colilert 18 (quit cuantitativo)

b- Parámetros biológicos (diatomeas)

De las muestras originales de ambos sustratos se obtuvieron submuestras las cuales fueron sometidas a limpieza mediante la técnica propuesta por Müller Melchers y Ferrando (1956) Se prepararon placas permanentes por submuestra, para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo en un Microscopio Olympus Modelo BX 50 con camara digital Coolpix 4500 El analisis cuantitativo se baso en el conteo de 300 valvas de diatomeas por submuestra, considerando a Battarbee (1986) y Prygiel et al (2002) Para el conteo se realizó un barrido en forma de zig zag de cada cubreobjeto N 1 (22 x 22) hasta obtener el total de valvas definido

La identificación de las diatomeas se realizó a nivel de especie utilizando literatura especializada Krammer and Lange Bertalot (1986 1988) Krammer y Lange Bertalot (1991) Metzeltin and Lange Bertalot (1998 2007) Rumrich et al (2000) Metzeltin et al (2005) Taylor et al (2007) entre otros

4 Análisis e interpretación de datos

Para la tabulación (Anexo III) y manejo de los datos se utilizó una estrategia de análisis que tiene tres secciones las cuales se discuten en el Anexo I (Figs 60-63) Con miras a definir si los datos originales (No Estandarizados NEs) mostraban patrones diferentes a los datos estandarizados (Es No de valvas/No de portaobjetos) en algunos casos se hizo el análisis comparativo de NEs vs Es

Para evaluar la eficiencia del método se utilizaron las Curvas de Rarefacción (permiten calcular el número esperado de especies de cada muestra si todas las muestras fueran reducidas a un tamaño estándar es decir si la muestra fuera considerada de n individuos (Moreno 2001) Mientras que para caracterizar la estructura de la comunidad se utilizaron los métodos propios para este nivel ecológico riqueza, diversidad dominancia, abundancia y en adición, se realizó un Análisis Jerárquico de Conglomerados (Cluster) El Análisis de Conglomerados permitió discriminar los sitios más afines taxonómicamente y de igual forma, los sustratos Con miras a determinar si existían asociaciones de diatomeas por cada sustrato y por río así como evaluar las posibles relaciones entre los parámetros físico químicos y los ríos se procedió a utilizar el Análisis de Correspondencia Simple (ACS) Se utilizó el Análisis de Correlación de

Rangos de Spearman para determinar posibles correlaciones entre algunas diatomeas dominantes y ciertos parámetros fisicoquímicos

RESULTADOS

1 Caracterización física y química de los sitios de estudio

(a) Índice de Diagnóstico Físico Conservacionista

A través del cálculo del valor crítico del factor erosivo $E(f)$ se logró determinar que existe un gradiente de perturbación antropica en los tres ríos estudiados. En este sentido la menor perturbación estuvo dada en la subcuenca del río Chagres cuyo valor crítico erosivo fue de dieciséis (16) y de dieciocho (18) para la subcuenca del río Boquerón. En cambio la mayor perturbación antrópica se presentó en la subcuenca del río Trinidad, donde el valor del $E(f)$ fue de veintidós (22) PMCC 2000. Ver Cuadro III.

Cuadro III INDICE DEL PROCESO EROSIVO
ACTUAL $E(F)$

Subcuencas	$E(f)$
Trinidad	22
Boquerón	18
Chagres	16

(b) Química del agua

De los parámetros físicoquímicos medidos en las estaciones de monitoreo en los tramos bajos de los ríos se consideró la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) el potencial de hidrógeno (pH) oxígeno disuelto OD (mg/l) la turbidez (NTU) y la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Para realizar los análisis de variación mensual y los de correspondencia simple se escogieron los sólidos totales disueltos TSD (mg/l) los sólidos totales suspendidos TSS (mg/l) calcio

Ca^{2+} (mg/l) magnesio- Mg^{2+} (mg/l) sodio Na^+ (mg/l) bicarbonatos HCO_3^- (mg/l) sulfatos SO_4^{2-} (mg/l) fosfatos PO_4^{3-} (mg/l) y nitratos NO_3^- (mg/l) por tratarse de los parámetros que más influyen sobre la comunidad de diatomeas

Las aguas de los ríos Boqueron, Chagres y Trinidad se caracterizaron por presentar valores de temperatura que oscilaron de 24,1 °C a 27,2 °C encontrándose los máximos valores hacia el río Trinidad para los meses de la temporada seca. Por su parte los valores de oxígeno variaron de 7,63 mg/l a 9,65 mg/l presentándose valores más elevados en Chagres y Boquerón para el mes de febrero. El pH en los tramos bajos osciló de 6,73 a 8,51 siendo los valores más bajos encontrados en Trinidad durante los meses de octubre y noviembre (T lluviosa). En relación a la conductividad ésta fluctuó de 61,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 186,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mostrándose el valor más bajo en Trinidad durante el mes de octubre y el máximo valor en Boqueron para el mes de diciembre. Los valores de turbidez oscilaron de 0,4 NTU a 61,9 NTU presentándose los valores más bajos en el río Chagres tanto en temporada lluviosa y seca, mientras que los máximos valores fueron registrados en Trinidad para los meses de octubre y noviembre del 2005.

Río Boquerón

Los parámetros fisicoquímicos de mayor concentración fueron los sólidos totales disueltos, los bicarbonatos y el calcio. En relación a los primeros el valor más alto se obtuvo durante el mes de marzo (temporada seca). Por su parte los bicarbonatos se incrementaron durante la temporada lluviosa, obteniéndose el máximo valor en el mes de enero del 2006. En cambio el valor más elevado de calcio se obtuvo en el mes de noviembre del 2005 (Fig. 8).

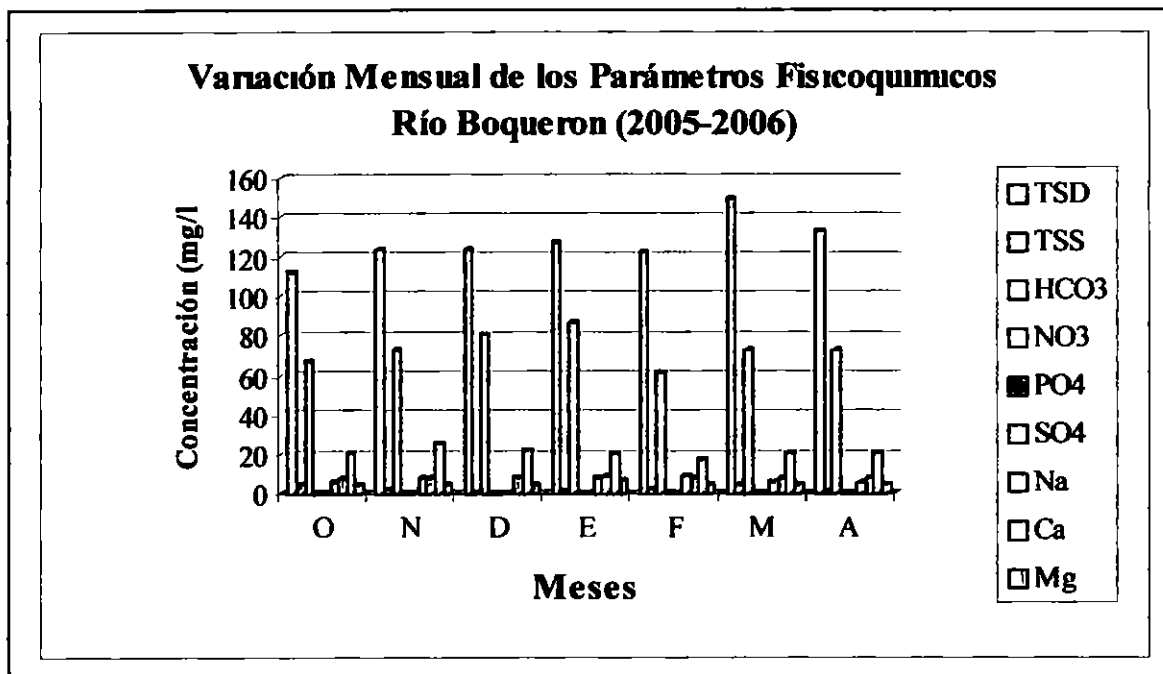


Fig 8 Variación mensual de los parámetros fisicoquímicos en Boquerón

Río Chagres

En este río los parámetros fisicoquímicos de mayor concentración estuvieron representados por los sólidos totales disueltos bicarbonatos sodio y sulfatos. En relación a los sólidos totales disueltos y a los bicarbonatos los valores fueron más bajos que en Boqueron sin embargo se permanecieron elevados durante ambas temporadas. En base a la concentración de los principales cationes en el Chagres domino el sodio y valores ligeramente más altos de sulfatos que en el río Boqueron (Fig 9)

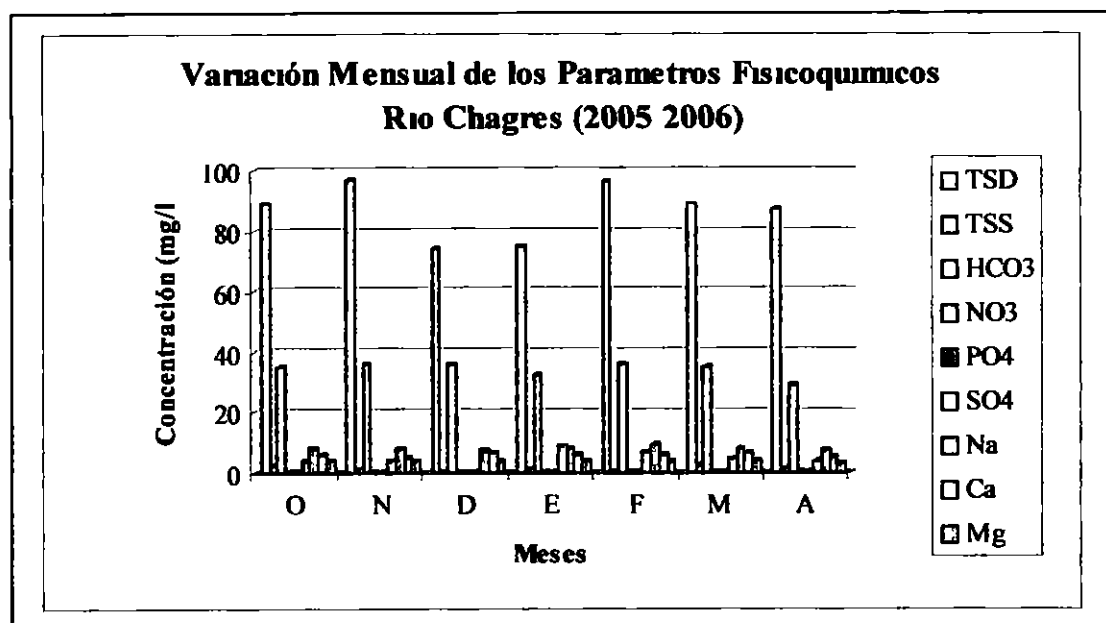


Fig 9 Variación mensual de los parametros fisicoquimicos en Chagres

Rio Trinidad

Los solidos totales disueltos totales presentaron su máximo valor en el mes de noviembre y nuevamente se incrementaron a finales de la temporada seca. En cambio los solidos totales suspendidos aumentaron durante los meses de octubre y noviembre del 2005. Por su parte los bicarbonatos sodio calcio y sulfatos se elevaron durante la temporada seca (Fig 10)

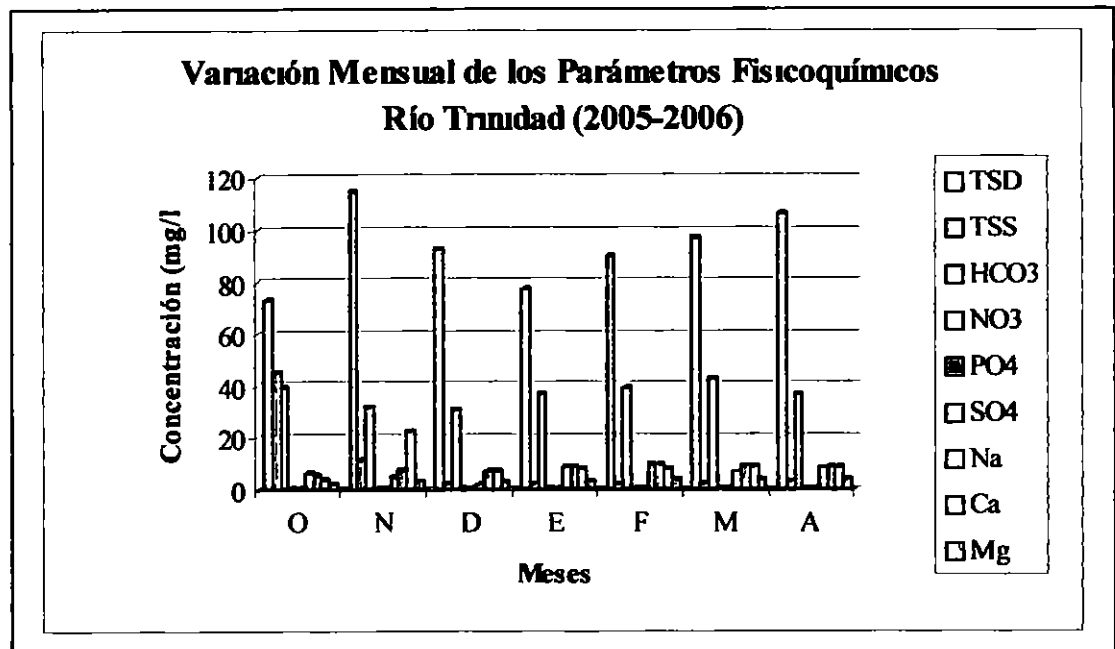


Fig 10 Variación mensual de los parámetros fisicoquímicos en Trinidad

2 Estructura de la Comunidad

(a) Comparación de los tres ríos análisis cualitativo (riqueza, análisis jerárquico) y cuantitativo (rarefacción diversidad dominancia) por sustrato y temporada para datos NEs y Es

(a₁) Análisis cualitativo

(a_{1.1}) Riqueza por sustrato para datos NEs

Piedra

En las muestras de raspado de piedra se identificó un total de 116 especies de las cuales cincuenta y cinco (55) se observaron en el río Boquerón, cincuenta y cinco (55) en el río Chagres y noventa y cuatro (94) en el río Trinidad. De todas estas 34 especies resultaron comunes para los tres ríos.

Al comparar el río Boquerón y el río Chagres se determinaron tres (3) especies en común (*Brachysira vitrea*, *Cymbella kolbei*, *Fragilaria capucina* v. *vaucheriae*).

En cambio el río Chagres y el río Trinidad presentaron nueve (9) especies en común (*Diademsia confervaceae*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema* cf. *angustum*, *Gomphonema clavatum*, *Gomphonema gracile*, *Navicula germanii*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia clausii* y *Tabularia tabulata*).

Por otro lado el río Boquerón y el río Trinidad presentaron siete (7) especies en común (*Caloneis bacillum*, *Frustulia rhomboides* v. *crassinervia*, *Gyrosigma kutzingii*, *Luticola* cf. *nivalis*, *Navicula* cf. *insociabilis*, *Nitzschia levidensis* y *Rhopalodia gibberula*).

Hojarasca

En las muestras de hojarasca se identificaron un total de 132 especies de las cuales setenta y tres (73) se observaron en el río Boquerón, setenta y ocho (78) en el río Chagres y noventa y cuatro (94) en el río Trinidad. Por su parte se registraron cuarenta y cuatro (44) especies en común para los tres ríos.

Al comparar el río Boquerón y el río Chagres se determinaron cuatro (4) especies en común (*Cymbella kolbei*, *Orthoseira dendroteres*, *Rhopalodia gibba* y *Surirella* sp)

En cambio en el río Chagres y en el río Trinidad presentaron doce (12) especies en común (*Cymbella tumida*, *Diploneis elliptica*, *Eunotia odebrechtiana*, *Frustulia rhomboides* v *crassinervia*, *Geissleria schmidiae*, *Gomphonema* cf *angustum*, *Gomphonema clavatum*, *Gomphonema gracile*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula germani*, *Navicula radiosa*, *Navicula* sp₃)

Por su lado el río Boquerón y en el río Trinidad presentaron ocho (8) especies en común (*Geissleria similis*, *Gyrosigma scalproides*, *Navicula* cf *clementis*, *Nitzschia nana*, *Nitzschia linearis*, *Nitzschia lorenziana*, *Pinnularia subcapitata* y *Rhopalodia gibberula*)

Piedra vs Hojarasca

Se determinó mayor riqueza en el río Trinidad tanto para piedra como en hojarasca, observándose mayor número de especies comunes para los tres ríos en hojarasca (Cuadro IV)

Cuadro IV COMPARACION DE LA RIQUEZA DE ESPECIES POR SUSTRATOS Y RIOS P= piedra, H= hojarasca.

	RÍO BOQUERÓN		RÍO CHAGRES		RÍO TRINIDAD		No ESPECIES COMUNES		No ESPECIES TOTALES	
	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H
No ESPECIES	55	73	55	78	94	94	34	44	116	132
DIFERENCIAS	18		23		0		10		16	

(a_{1,2}) Análisis jerárquico (no discrimina temporada), por sustrato para datos NEs y Es

Con la finalidad de evidenciar mas claramente las relaciones taxocenóticas entre los tres rios se realizo un Analisis de Conglomerados (Cluster) utilizando una matriz elaborada con los datos del indice de Bray Curtis tanto para los datos no estandarizados como los datos estandarizados

Piedra

Con relacion a este analisis y para las muestras de piedra, la mayor similitud taxonomica se evidencio entre el rio Boqueron y el rio Chagres tanto para los datos no estandarizados como los estandarizados (Fig 11 y 12)

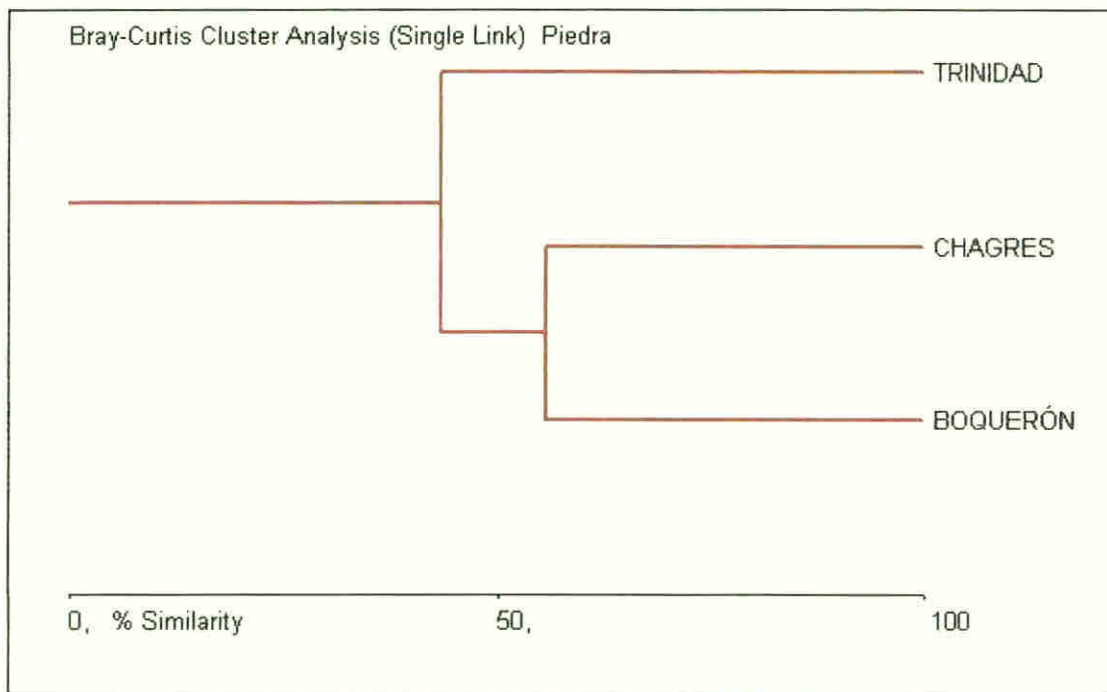


Fig. 11 Dendrograma para piedra, tres ríos y datos No Estandarizados (NEs).

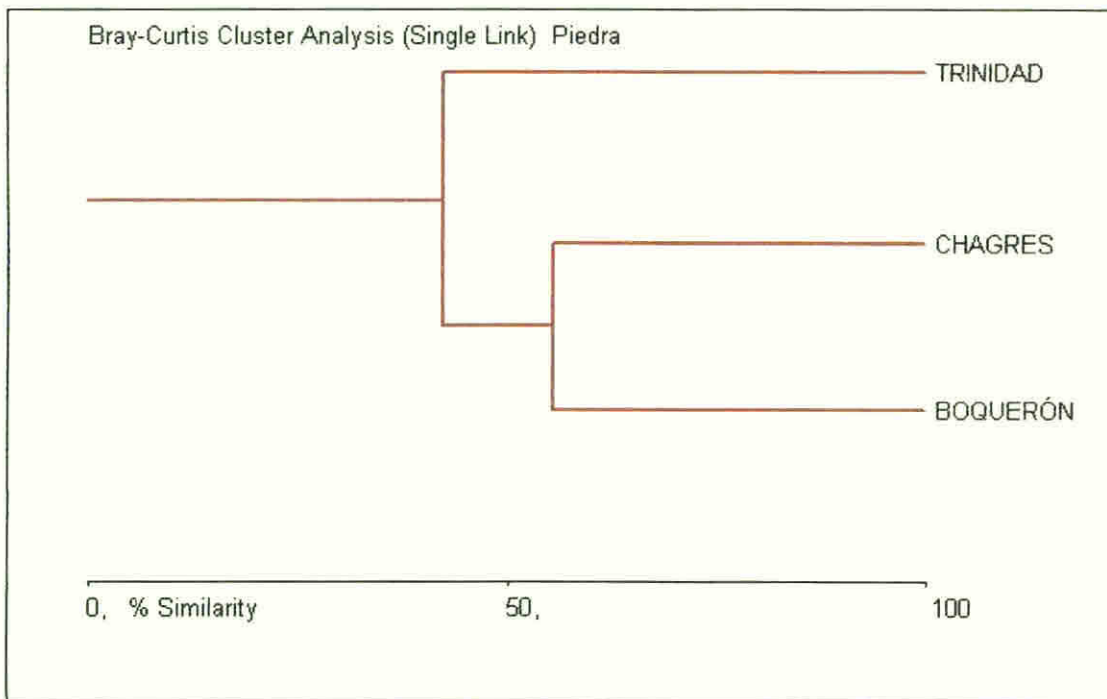


Fig. 12 Dendrograma para piedra, tres ríos y datos Estandarizados (Es).

Hojarasca

En el caso de la hojarasca, el análisis de conglomerados (Cluster) mostro que la mayor similitud taxonomica también se presentó entre el río Boquerón y el río Chagres tanto para los datos no estandarizados como los estandarizados (Fig 13 y 14)

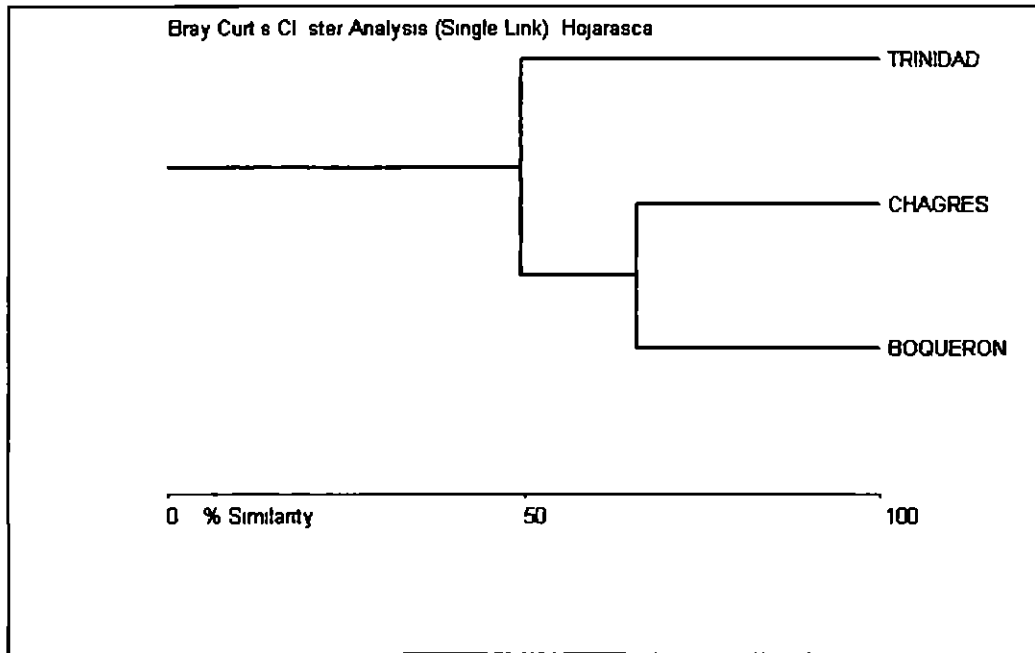


Fig 13 Dendrograma para hojarasca, tres ríos y datos No Estandarizados (NEs)

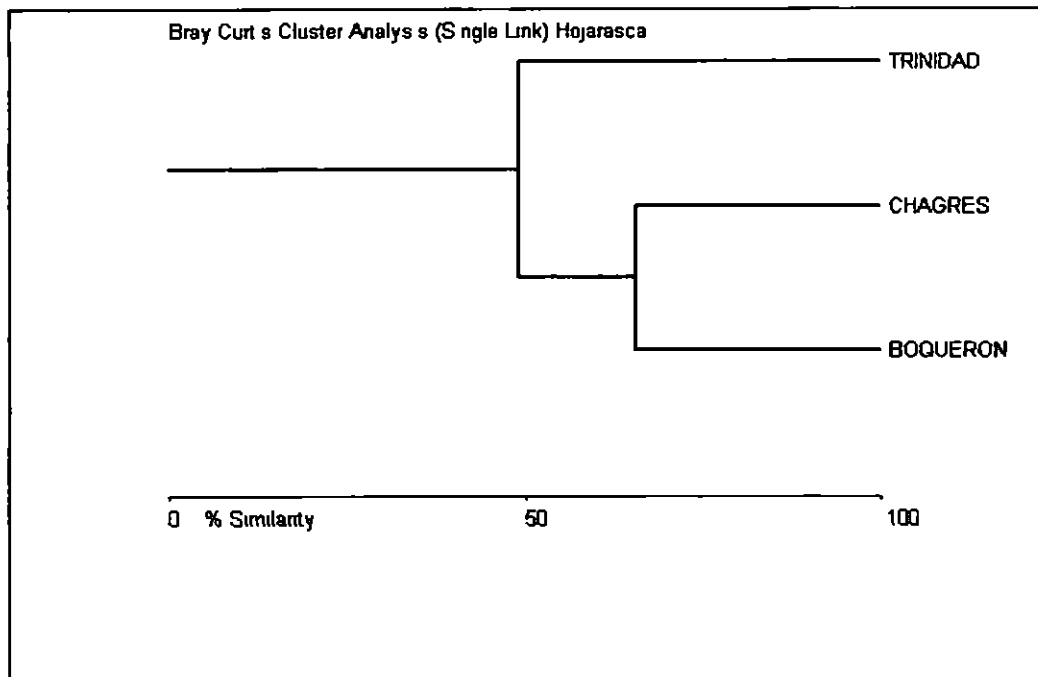


Fig 14 Dendrograma para hojarasca, tres rios y datos Estandarizados (Es)

(a_{1.3}) Riqueza por sustrato y temporada para datos NEs

Piedra

En el río Boqueron se determino un total de cincuenta y cinco (55) especies cuarenta y cinco (45) durante la temporada lluviosa y treinta y ocho (38) en la seca. Al comparar las dos temporadas se observaron veintiocho (28) especies en comun. Por su parte en el río Chagres se encontro un total de cincuenta y cinco (55) taxa, de las cuales cuarenta y dos (42) se observaron en la temporada lluviosa y cuarenta y tres (43) en la seca. Se determinaron para este río treinta (30) especies en comun. En el río Trinidad se identifico un total de noventa y cuatro (94) especies ochenta y cuatro (84) durante la temporada lluviosa y cincuenta y tres (53) en la temporada seca. En este río se observaron cuarenta y cuatro (43) especies en comun entre las estaciones. Es evidente la menor riqueza en la estación seca.

Hojarasca

En el río Boquerón se determinó un total de setenta y tres (73) especies sesenta y dos (62) durante la temporada lluviosa y cuarenta y cuatro (44) en la seca. Al comparar las dos temporadas se observaron treinta y tres (33) especies en común. Por su parte, en el río Chagres se encontró un total de setenta y ocho (78) taxa, de las cuales sesenta y seis (66) se observaron en la temporada lluviosa y cuarenta y siete (47) en la seca. Se determinaron para este río treinta y cinco (35) especies en común. En el río Trinidad se identificó un total de noventa y cuatro (94) especies ochenta y tres (83) durante la temporada lluviosa y sesenta y cuatro (64) en la temporada seca. En este río se observaron cincuenta y tres (53) especies en común entre las estaciones. Es evidente la menor riqueza en la estación seca.

Piedra vs Hojarasca

Se determinó mayor riqueza en el río Trinidad tanto para piedra como hojarasca, observándose mayor número de especies comunes para los tres ríos en hojarasca (Cuadro V)

Cuadro V COMPARACIÓN DE LA RIQUEZA DE ESPECIES POR SUSTRATOS RÍOS Y TEMPORADAS

	RÍO BOQUERÓN			RÍO CHAGRES			RÍO TRINIDAD		
	Total	Seca	Lluviosa	Total	Seca	Lluviosa	Total	Seca	Lluviosa
Piedra	55	38	45	55	43	42	94	53	84
Especies comunes		28			30			43	
Hojarasca	73	44	62	78	47	66	94	64	83
Especies Comunes		33			35			53	

(a₂) Análisis cuantitativo

(a_{2.1}) Curvas de rarefacción, por sustrato, temporada, para datos NEs y Es.

- Piedra (NEs)

- Lluviosa:

Para los datos de la temporada lluviosa, se observó que las curvas de rarefacción para el río Chagres y el río Boquerón fueron muy parecidas, con una tendencia asintótica evidente que indicaría proximidad a la muestra representativa y una riqueza semejante (Mann-Whitney: Boquerón vs Chagres $p = 0,4712 > 0,05$, no hay diferencias significativas). En cambio, la curva para el río Trinidad presentó una mayor pendiente, lo que indica que todavía no se alcanza la asíntota, es necesaria una mayor cantidad de muestras (cinco a diez piedras) o incrementar el conteo a cuatrocientas valvas para lograr la muestra representativa. Por ende, existe una riqueza de especies significativamente mayor (Mann-Whitney: Trinidad vs Boquerón $p = 0,0065 < 0,05$; Trinidad vs Chagres $p = 0,0051 < 0,05$) en este sitio (Fig. 15).

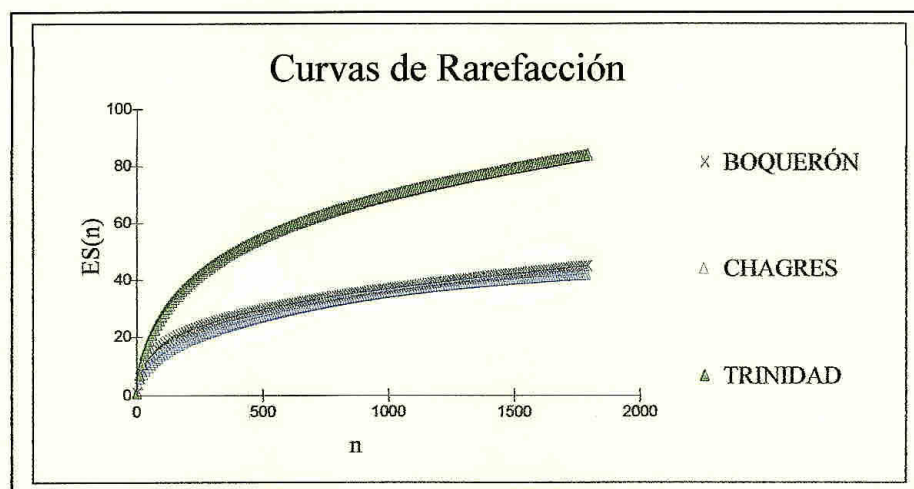


Fig. 15. Curvas de rarefacción para piedra, tres ríos y temporada lluviosa (NEs).

- Seca:

Las curvas de rarefacción para los datos de los tres ríos, durante la temporada seca, presentaron una tendencia similar hacia la asíntota. Sin embargo, los valores del río Trinidad (número de especies) fueron significativamente mayores (Mann-Whitney: Trinidad vs Boquerón $p= 0,0009 < 0,05$; Trinidad vs Chagres $p= 0,0009 < 0,05$) que los obtenidos para el río Boquerón y el río Chagres (Mann-Whitney: Boquerón vs Chagres $p= 0,4008 > 0,05$, no hay diferencia significativa), lo que se evidenció en una pendiente mayor y como explicamos anteriormente, refleja una mayor riqueza de especie (Fig. 16). Nuevamente, será necesario incrementar el número de muestras (cinco a diez piedras) o aumentar el conteo a cuatrocientas valvas para alcanzar la muestra representativa.

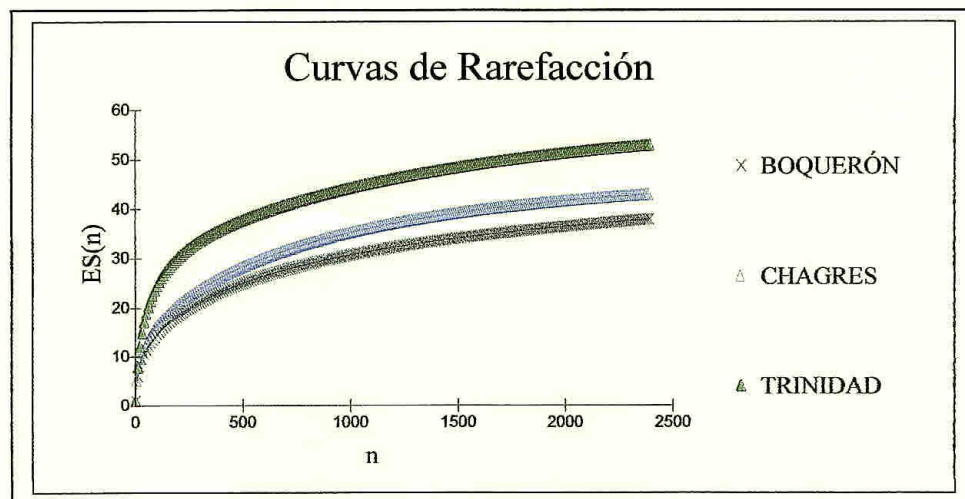


Fig. 16 Curvas de rarefacción para piedra, tres ríos y temporada seca (NEs)

- Hojarasca (NEs)

- Lluviosa:

Para las muestras de hojarasca de la temporada lluviosa, se observó que las curvas del río Boquerón y el río Chagres presentaron una pendiente similar, indicativo de una riqueza semejante en estos ríos (Mann-Whitney: Boquerón vs Chagres $p = 0,8728 > 0,05$, no hay diferencias significativa). Se hizo evidente, que el mayor número de especies se presentó en el río Trinidad, toda vez que no se niveló la curva con la cantidad de muestras obtenidas. La mayor pendiente representa una riqueza significativamente mayor en el sitio de estudio (Mann-Whitney: Trinidad vs Boquerón $p = 0,0250 < 0,05$; Trinidad vs Chagres $p = 0,0051 < 0,05$), por lo cual, se necesitan más esfuerzo para lograr la muestra representativa (Fig. 17). Para el caso de la hojarasca, sería necesario aumentar a cinco hojas más por muestra o incrementar los conteos a cuatrocientas valvas, para obtener la muestra representativa.

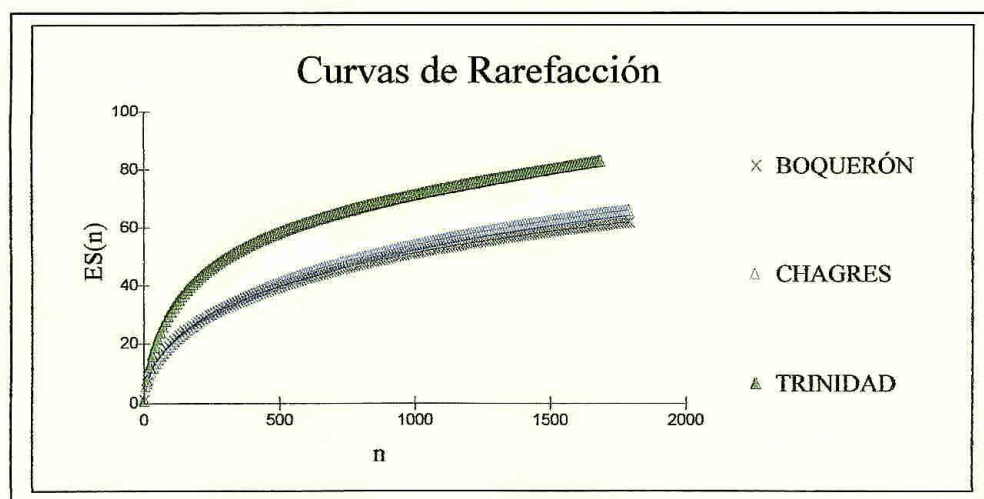


Fig. 17 Curvas de rarefacción para hojarasca, tres ríos y temporada lluviosa (NEs).

- Seca:

Con las muestras de hojarasca de la temporada seca, también se observó la mayor tendencia asintótica para las curvas del río Boquerón y del río Chagres, lo que implicó que el método fue bastante eficiente para el análisis de la riqueza específica en estos ríos, pero aún así, no se logró la muestra representativa. Las curvas de rarefacción para los ríos Boquerón y Chagres, presentan una pendiente muy parecida, indicativo de que la riqueza de especies en ambos ríos es semejante (Mann-Whitney: Boquerón vs Chagres $p=0,4622 > 0,05$, no hay diferencias significativa). Además, se observó nuevamente que en el río Trinidad la curva presenta una mayor pendiente, lo que igualmente representa una riqueza de especies significativamente mayor (Mann-Whitney: Trinidad vs Boquerón $p= 0,0054 < 0,05$; Trinidad vs Chagres $p= 0,0074 < 0,05$) en el sitio (Fig. 18). Al igual que en la temporada lluviosa, se requerirá de un número adicional de muestras de hojarasca (cinco) o aumentar el conteo a cuatrocientas valvas, para evidenciar una mejor eficiencia del método.

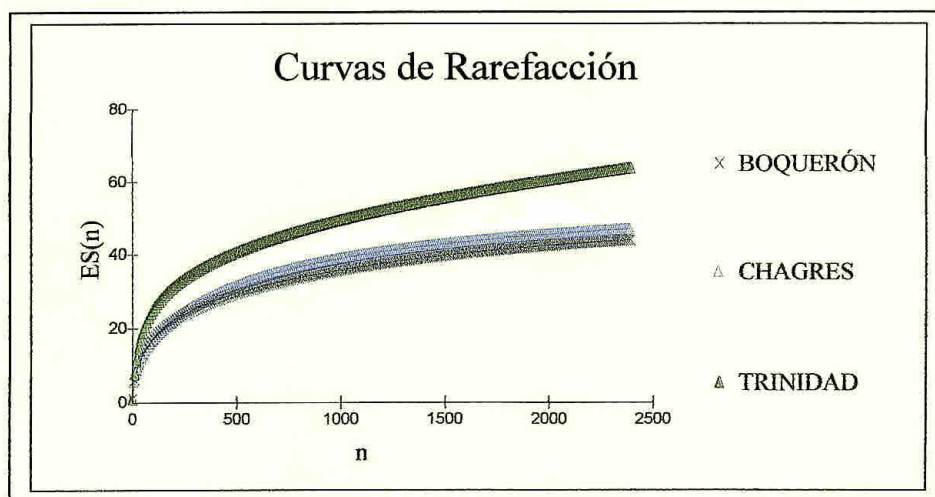


Fig. 18 Curvas de rarefacción para hojarasca, tres ríos y temporada seca. (NEs).

Dado que los valores de riqueza de especies son los mismos tanto para datos NEs y Es, considerando los sustratos y temporadas, al igual que los valores de “p” obtenidos con el análisis de Mann-Whitney, sólo se reportan estos valores en la sección de datos no estandarizados (NEs).

- Piedra (Es)

- Lluviosa:

En el caso de la temporada lluviosa, se observaron tendencias similares a la de los datos NEs. Las curvas de rarefacción para el río Chagres y el río Boquerón fueron parecidas, con una tendencia asintótica evidente. En cambio, la curva para el río Trinidad presentó una pendiente diferente, que representó mayor probabilidad de captura de especies nuevas si se continuaba muestreando, es decir, si se colectaban de cinco a diez piedras adicionales por muestra. En el caso del río Trinidad, se necesitaría mayor número de valvas a contar (cuatrocientas) para lograr la asíntota, pues había mayor riqueza y poca dominancia (Fig. 19).

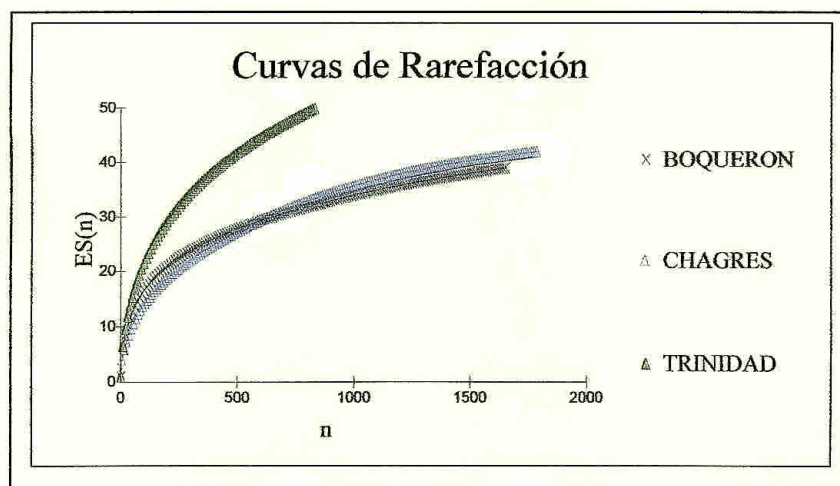


Fig. 19 Curvas de rarefacción para piedra, tres ríos y temporada lluviosa (Es).

- Seca:

Si observamos las curvas de rarefacción para los datos de la temporada seca, notamos que la tendencia hacia la asíntota fue evidente para los tres ríos, lo cual indicó que el muestreo estaba cumpliendo más eficientemente con la captura del mayor número de especies en estos ríos, aunque todavía no se lograba la muestra representativa. Sin embargo, el número de especies del río Trinidad fue mayor que el obtenido para los ríos Boquerón y Chagres (Fig. 20). De aumentar el número de muestras a coleccionar (cinco a diez piedras) y el conteo a cuatrocientas valvas por muestra, se lograría alcanzar la muestra representativa.

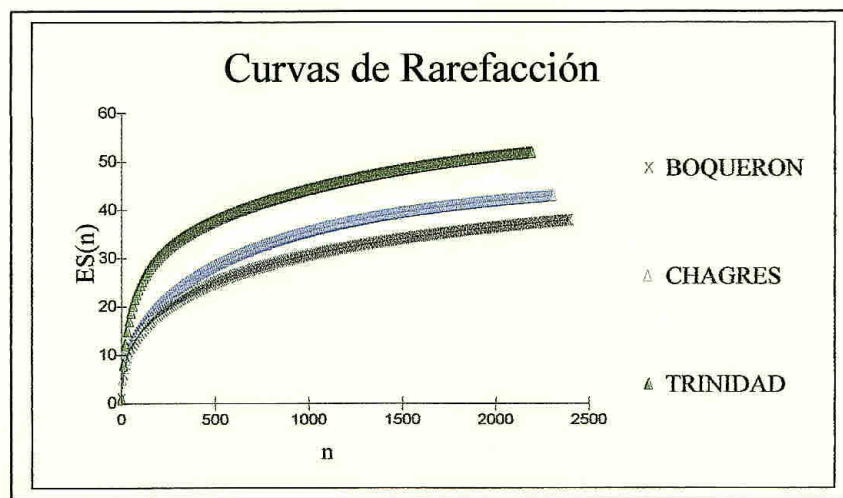


Fig. 20 Curvas de rarefacción para piedra, tres ríos y temporada seca (Es).

- Hojarasca (Es)

- Lluviosa:

Se observó en las tres curvas una inclinación muy pronunciada, lo que significó que todavía no se lograba estabilizar la curva (asíntota), por lo que habría que aumentar a cinco hojas adicionales por muestra o incrementar el conteo a cuatrocientas valvas, para tener mayor representatividad de las especies en la comunidad (Fig. 21).

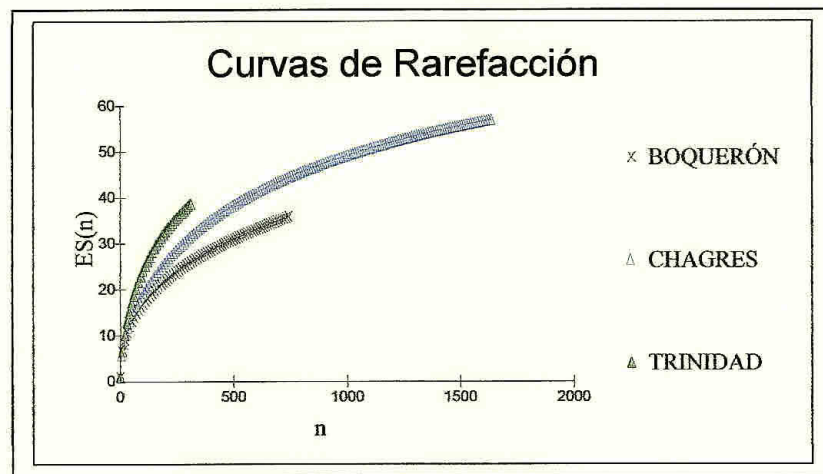


Fig. 21 Curvas de rarefacción para hojarasca, tres ríos y temporada lluviosa (Es).

- Seca:

En la temporada seca, se observó la mayor tendencia asíntotica para las curvas de los ríos Chagres y Boquerón, sin embargo, debería realizarse mayor muestreo para alcanzar la muestra representativa. Se observa nuevamente, que la curva del río Trinidad presentó mayor inclinación, por lo que todavía no se alcanza la asíntota y se requeriría de mayor esfuerzo de muestreo (Fig. 22). Consideramos, que el aumento en el número de hojarasca y en el conteo de valvas de diatomeas por muestra, permitiría la eficiencia del método (muestra representativa).

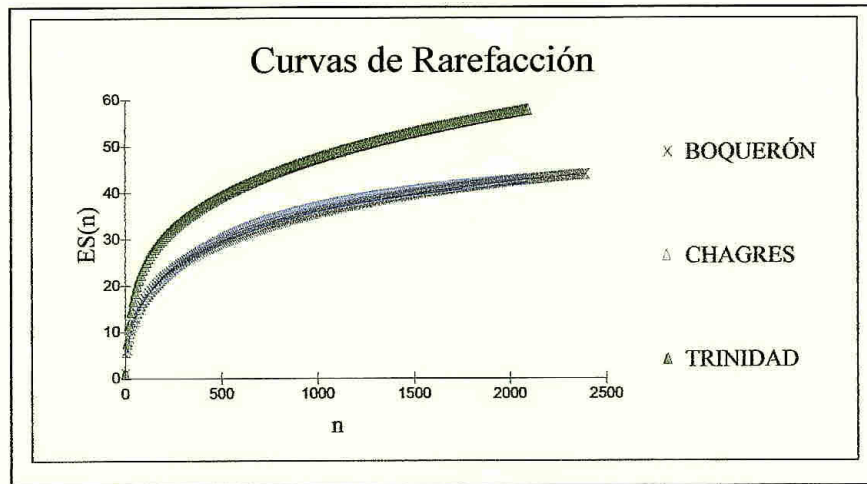


Fig. 22 Curvas de rarefacción para hojarasca, tres ríos y temporada seca (Es).

(a_{2.2}) Análisis jerárquico (discrimina temporada), por sustrato, para datos NEs y Es.

- Piedra

Para muestras de piedra, el análisis de similitud realizado con el índice de Bray-Curtis, mostró que la mayor similitud taxonómica se encontró entre los ríos Boquerón y Chagres, tanto para los datos no estandarizados (Figs. 23 y 24) y estandarizados (Figs. 25 y 26), en la temporada lluviosa y la seca.

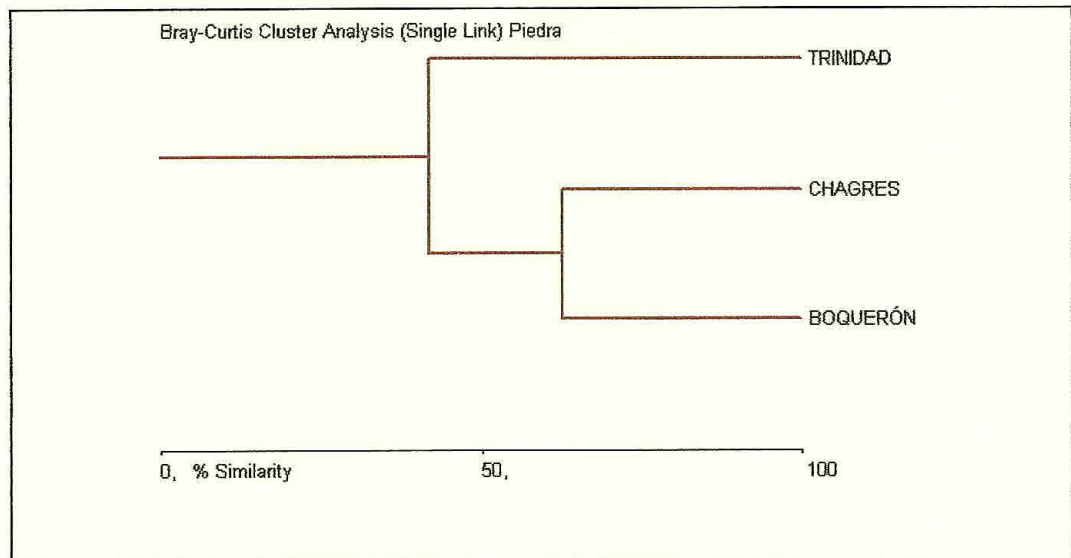


Fig. 23 Dendrograma para piedra, tres ríos y temporada lluviosa, datos No Estandarizados (NEs).

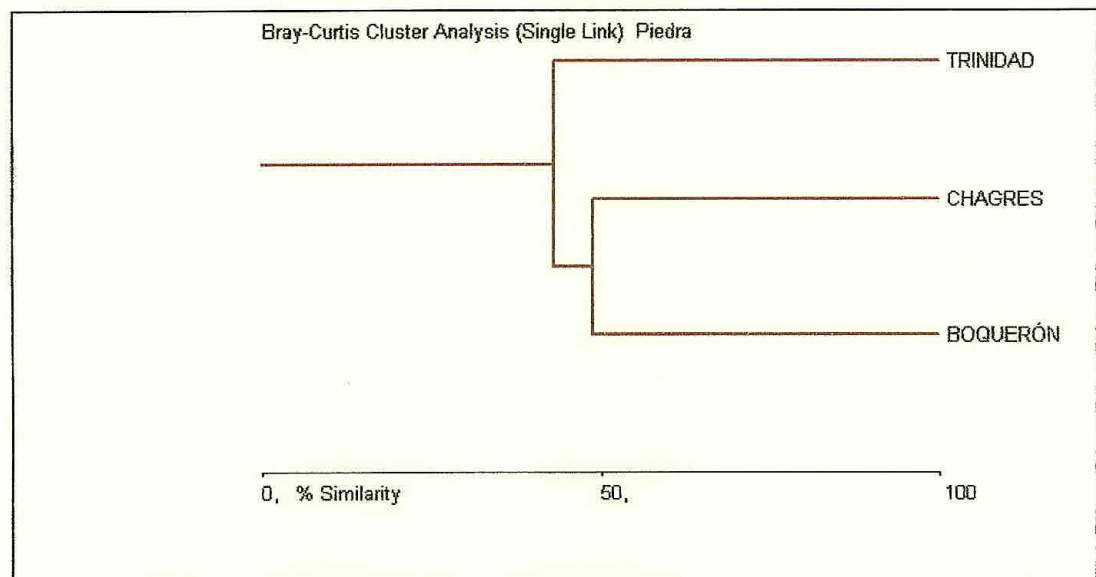


Fig. 24 Dendrograma para piedra, tres ríos y temporada seca, datos No Estandarizados (NEs).

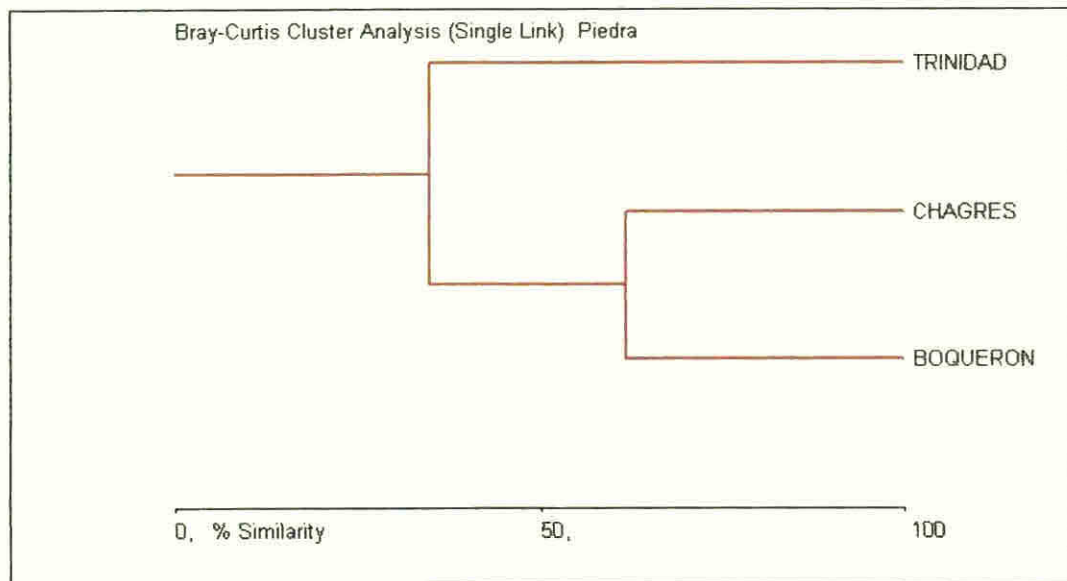


Fig. 25 Dendrograma para piedra, tres ríos y temporada lluviosa, datos Estandarizados (Es).

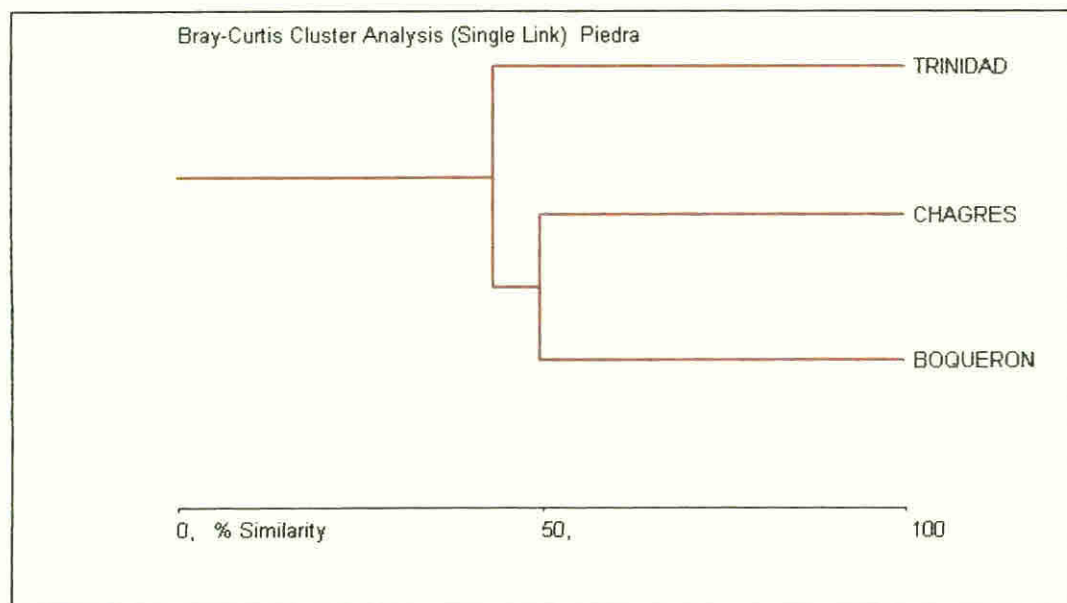


Fig. 26 Dendrograma para piedra, tres ríos y temporada seca, datos Estandarizados (Es).

- Hojarasca

Para las muestras de hojarasca, el análisis de similitud realizado con el índice de Bray-Curtis, mostró que la mayor similitud taxonómica se encontró también entre los ríos Boquerón y Chagres, tanto para los datos no estandarizados (Fig. 27 y 28) y estandarizados (Fig. 29 y 30), en la temporada lluviosa y seca.

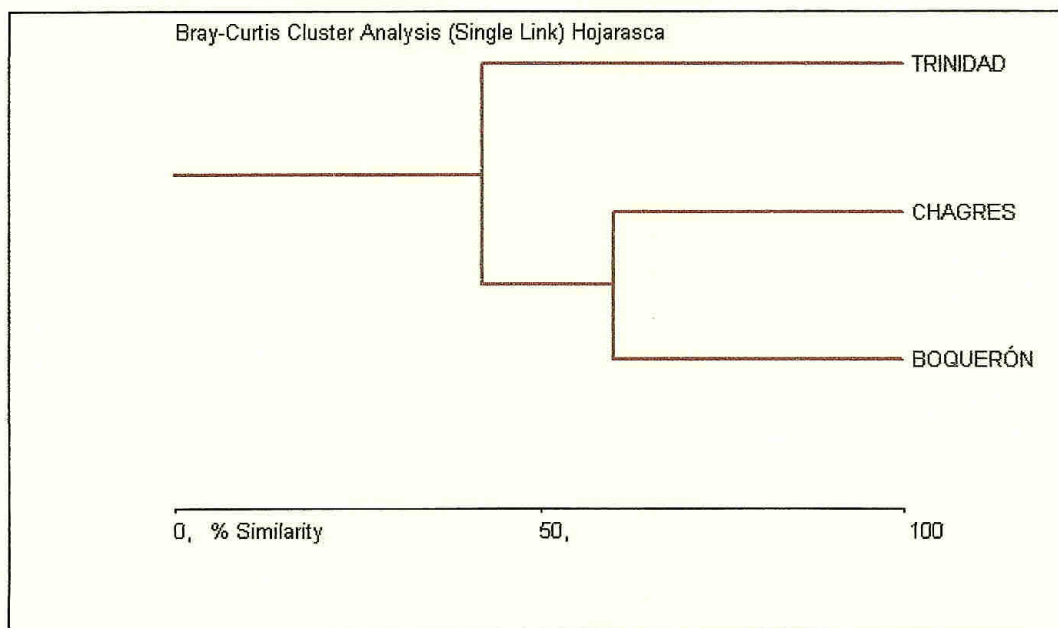


Fig. 27. Dendrograma para hojarasca, tres ríos y temporada lluviosa, datos No Estandarizados (NEs).

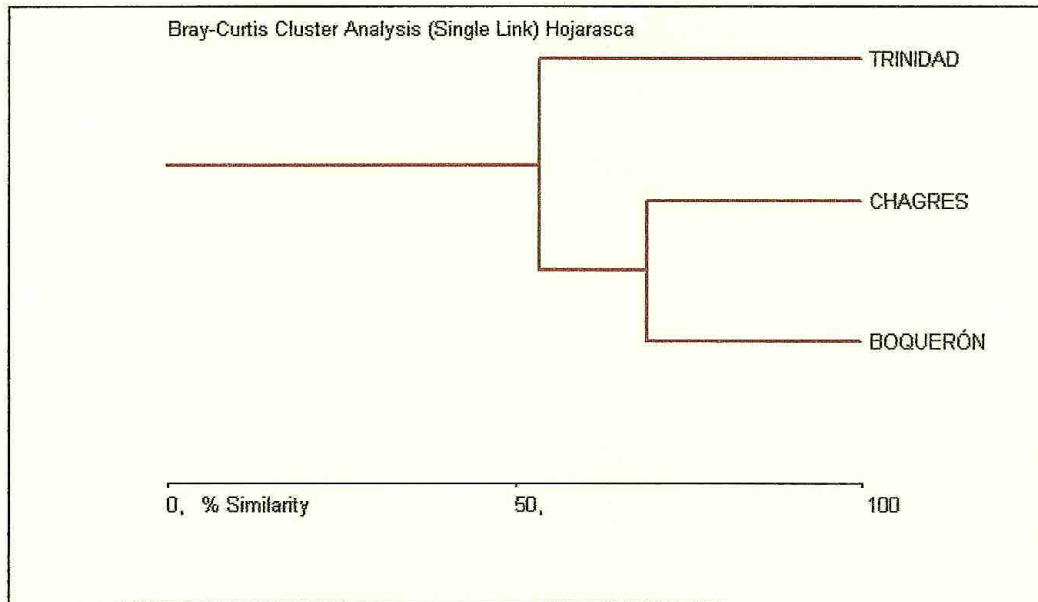


Fig. 28 Dendrograma para hojarasca, tres ríos y temporada seca, datos No Estandarizados (NEs).

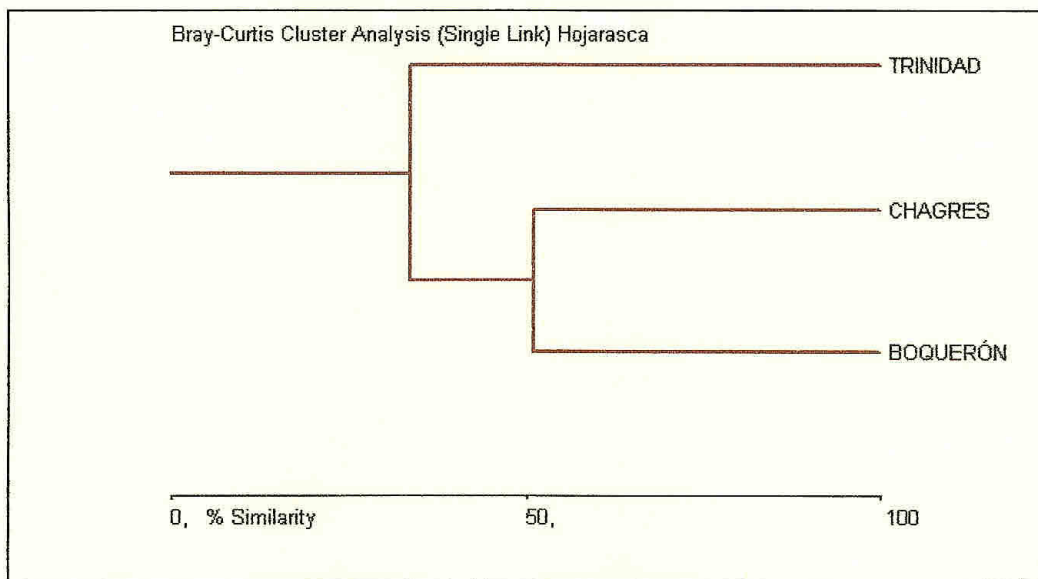


Fig. 29 Dendrograma para hojarasca, tres ríos y temporada lluviosa, datos Estandarizados (Es).

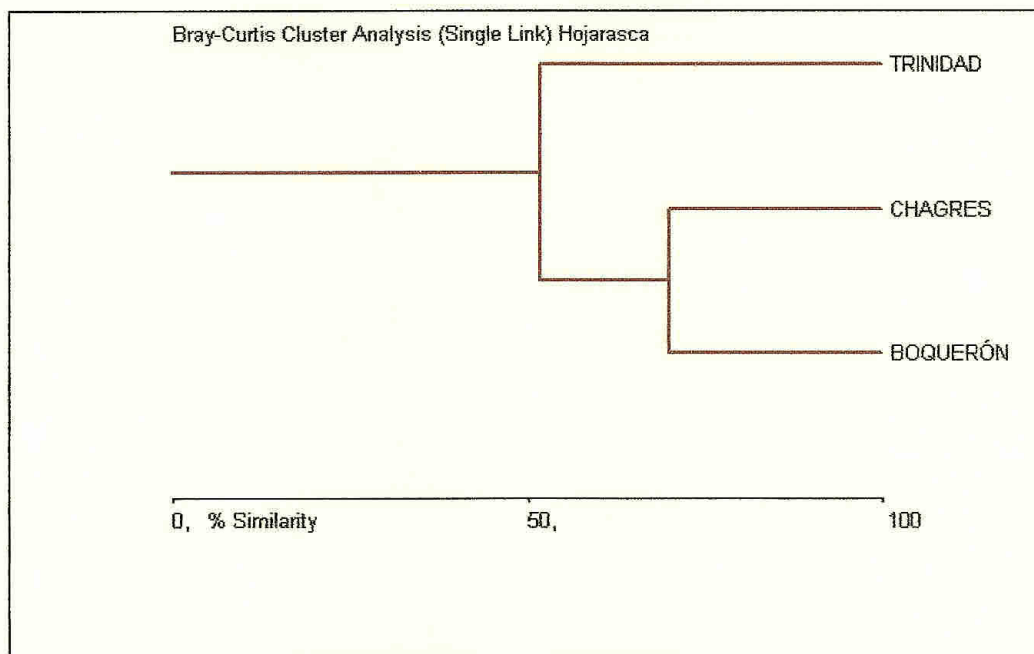


Fig. 30 Dendrograma para hojarasca, tres ríos y temporada seca, datos Estandarizados (Es)

(a_{2.3}) Diversidad, Dominancia por sustrato, temporada, tres ríos, para NEs y Es.

Datos NEs

El análisis del índice de Shannon-Weaver (H'), mostró que la mayor diversidad de taxa se presentó en el río Trinidad para ambos sustratos (piedra y hojarasca), tanto para la temporada lluviosa como la seca, para datos no estandarizados. En cambio, se observó una menor diversidad en los ríos Boquerón y Chagres, debido a que en estos lugares había dominancia de ciertos grupos de diatomeas. En el río Boquerón, dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii*, *Navicula incarum*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Cymbella affinis*, *Cymbella turgidula*, mientras que en el río Chagres, fue evidente la mayor dominancia de *Geissleria schoenfeldii*. El análisis del índice de Simpson (D),

demostró que la mayor dominancia de taxa se presento en el rio Chagres principalmente en piedra tanto en la temporada lluviosa como la seca y para datos no estandarizados (Cuadro VI) evidenciándose en Trinidad la menor dominancia

Cuadro VI COMPARACIÓN DE LOS INDICES DE SHANNON WEAVER Y SIMPSON POR SUSTRATOS TEMPORADAS Y RIOS (NEs)

H= Shannon Weaver D= Simpson

RIOS	INDICES							
	Lluviosa				Seca			
	Piedra		Hojarasca		Piedra		Hojarasca	
	(H)	D	(H)	D	(H)	D	(H)	D
Boquerón	1 016	0 16	1 125	0 12	0 984	0 14	1 028	0 15
Chagres	0 661	0 43	0 982	0,22	0 846	0 31	0 942	0 21
Trinidad	1,254	0 12	1 377	0 08	1,298	0 07	1 28	0 09

Datos Es

El analisis del indice de Shannon Weaver (H) mostro nuevamente que la mayor diversidad de taxa se presento en el rio Trinidad para ambos sustratos (piedra y hojarasca) tanto para la temporada lluviosa como la seca, para datos estandarizados En forma congruente en el rio Trinidad se estimó la menor dominancia De igual forma, se observo una menor diversidad en Boquerón y Chagres debido a que en estos lugares habia dominancia de ciertos grupos de diatomeas El indice de Simpson (D) demostró que la mayor dominancia de taxa se presentó en el rio Chagres principalmente en piedra tanto en la temporada lluviosa como la seca y para datos estandarizados (Cuadro VII) Esto es debido a la dominancia de *Geissleria schoenfeldii*

Cuadro VII COMPARACIÓN DE LOS INDICES DE SHANNON WEAVER Y SIMPSON POR SUSTRATOS TEMPORADAS Y RIOS (Es)

H = Shannon Weaver D = Simpson

RÍOS	INDICES							
	Lluviosa				Seca			
	Piedra		Hojarasca		Piedra		Hojarasca	
	(H)	D	(H)	D	(H)	D	(H)	D
Boquerón	1 002	0 16	1 115	0 12	0 984	0 14	1 028	0 15
Chagres	0 661	0 43	0 984	0 22	0 846	0 31	0 955	0,20
Trinidad	1 176	0 13	1 308	0 10	1 301	0 07	1,268	0 09

(b) Abundancia de las cinco especies dominantes por sustrato río, temporada, para datos NEs y Es

(b₁) Abundancia total/ especie, cinco especies más abundantes/ estudio (7 meses) por temporada para datos NEs

Piedra (NEs)

Río Boquerón

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii* (1069) *Cocconeis placentula* v *euglypta* (609) *Cymbella turgidula* (485) *Navicula incarum* (440) y *Cymbella affinis* (431) [ver Morfometría] Observándose que en la temporada lluviosa solo *G. schoenfeldii* *N. incarum* y *Cocconeis placentula* v *euglypta* mantuvieron esta dominancia, presentándose en cambio en tercer y quinto orden de importancia, *Amphora acutiuscula* y *Navicula tenelloides* respectivamente Por otro lado se evidencio que fueron las colectas de la temporada seca las que incidieron en los resultados generalizados de los siete meses toda vez que en esta estacion se presentaron las cinco especies mencionadas al inicio de este parrafo en casi igual orden de importancia numérica (Cuadro VIII)

Cuadro VIII DIATOMEAS EN EL SUSTRATO PIEDRA DEL RIO BOQUERON EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (NEs) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	1069	<i>G schoenfeldii</i>	484	<i>G schoenfeldii</i>	585
<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	609	<i>C placentula</i> v <i>Euglypta</i>	458	<i>N incarum</i>	311
<i>C turgidula</i>	485	<i>C turgidula</i>	419	<i>A acutiuscula</i>	171
<i>N incarum</i>	440	<i>C affinis</i>	377	<i>C placentula</i> v <i>Euglypta</i>	151
<i>C affinis</i>	431	<i>N incarum</i>	124	<i>N tenelloides</i>	114

Rio Chagres

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii* (2421) *Navicula incarum* (362) *Navicula decussis* (247) *Cocconeis placentula* v *euglypta* (202) y *Fragilaria ulna* (158) [ver Morfometria] Observándose que en la temporada lluviosa sólo *G schoenfeldii* (1146) *N incarum* (261) y *Cocconeis placentula* v *euglypta* (44) mantuvieron esta dominancia relativa, mientras que *Cymbella turgidula* y *Amphora acutiuscula* ocuparon el tercer y cuarto lugar de importancia numerica en la mencionada temporada. Por otro lado se evidencio nuevamente que fueron las colectas de la temporada seca las que incidieron en los resultados generalizados de los siete meses toda vez que en esta temporada se presentaron las cinco especies mencionadas al inicio de este parrafo en casi igual orden de importancia numérica (Cuadro IX)

Cuadro IX DIATOMEAS EN EL SUSTRATO PIEDRA DEL RIO CHAGRES EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (NEs) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	2421	<i>G schoenfeldii</i>	1275	<i>G schoenfeldii</i>	1146
<i>N incarum</i>	362	<i>N decussis</i>	210	<i>N incarum</i>	261
<i>N decussis</i>	247	<i>C placentula v euglypta</i>	158	<i>C turgidula</i>	65
<i>C placentula v Euglypta</i>	202	<i>F ulna</i>	144	<i>A acutiuscula</i>	49
<i>F ulna</i>	158	<i>N incarum</i>	101	<i>C placentula v euglypta</i>	44

- Rio Trinidad

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Geissleria similis* (652) *Navicula incarum* (514) *Cocconeis placentula v euglypta* (402) *Navicula tenelloides* (376) y *Bacillaria paxillifer* (332) [ver Morfometria] Observándose que en la temporada lluviosa *Cocconeis placentula v euglypta* fue reemplazada por *Navicula schroeteri* en terminos de dominancia. Por otro lado en la temporada seca se observó la importancia numerica de las cinco especies mencionadas al inicio del parrafo aunque el orden de importancia de cada una cambió notandose que fue *Cocconeis placentula v euglypta* la que presentó mayor numero de individuos (Cuadro X)

Cuadro X DIATOMEAS EN EL SUSTRATO PIEDRA DEL RIO TRINIDAD EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (NEs) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>G similis</i>	652	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	359	<i>G similis</i>	474
<i>N incarum</i>	514	<i>B paxillifer</i>	271	<i>N incarum</i>	321
<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	405	<i>N tenelloides</i>	251	<i>N schroeterii</i>	151
<i>N tenelloides</i>	376	<i>N incarum</i>	193	<i>N tenelloides</i>	125
<i>B paxillifer</i>	332	<i>G similis</i>	178	<i>B paxillifer</i>	61

Tres Rios

En general en los ríos Boqueron y Chagres se observó la dominancia de tres especies comunes a saber *Geissleria schoenfeldii*, *Cocconeis placentula* var *euglypta* y *Navicula incarum*. Observandose diferencias marcadas cuando consideramos las dos temporadas del año. Es así que *Amphora acutiuscula* se presentó en la temporada lluviosa de ambos ríos y *Navicula tenelloides* sólo en la lluviosa, en el río Boqueron. Por otro lado *Geissleria similis* reemplazó a la especie *G. schoenfeldii* en el río Trinidad y allí se identificaron dos especies dominantes que no se encontraban en la lista de los ríos Boqueron y Chagres (*Bacillaria paxillifer*, *Navicula schroeterii*).

Hojarasca (NEs)

Río Boquerón

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii* (1058), *Cocconeis placentula* v *euglypta* (847), *Cymbella turgidula* (452), *Cymbella affinis* (349) y *Navicula incarum* (342) [ver Morfometría]. Observandose que en la

temporada lluviosa solo *G schoenfeldii* *Cocconeis placentula* v *euglypta* *Cymbella turgidula* y *Navicula incarum* mantuvieron esta dominancia, presentándose en cambio en quinto orden de importancia, *Amphora acutiuscula*. Por otro lado se evidenció que fueron las colectas de la temporada seca las que incidieron en los resultados generalizados de los siete meses toda vez que en esta temporada se presentan las cinco especies mencionadas al inicio de este parrafo en casi igual orden de importancia numerica (Cuadro XI)

Cuadro XI DIATOMEAS EN EL SUSTRATO HOJARASCA DEL RIO BOQUERÓN EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (NEs) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	1058	<i>G schoenfeldii</i>	654	<i>G schoenfeldii</i>	404
<i>C placentula</i> v <i>placentula</i>	847	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	517	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	330
<i>C turgidula</i>	452	<i>C affinis</i>	240	<i>C turgidula</i>	237
<i>C affinis</i>	349	<i>C turgidula</i>	215	<i>N incarum</i>	169
<i>N incarum</i>	342	<i>N incarum</i>	173	<i>A acutiuscula</i>	124

Rio Chagres

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii* (1690) *Cocconeis placentula* v *euglypta* (590) *Navicula incarum* (499) *Navicula decussis* (302) y *Cymbella turgidula* (199) [ver Morfometria]. Observándose que tanto en la temporada lluviosa y seca, estas especies dominaron pero en diferente orden de importancia numérica. En la temporada seca, estas especies presentaron mayor numero de individuos que durante la temporada lluviosa, siendo *Geissleria schoenfeldii* (941) la que mostró el mayor valor de individuos (Cuadro XII)

Cuadro XII DIATOMEAS EN EL SUSTRATO HOJARASCA DEL RIO CHAGRES EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (NEs) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	1690	<i>G schoenfeldii</i>	941	<i>G schoenfeldii</i>	749
<i>C placentula</i> v <i>placentula</i>	590	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	444	<i>N incarum</i>	295
<i>N incarum</i>	499	<i>N decussis</i>	221	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	146
<i>N decussis</i>	302	<i>N incarum</i>	204	<i>C turgidula</i>	128
<i>C turgidula</i>	199	<i>C turgidula</i>	71	<i>N decussis</i>	81

Río Trinidad

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Cocconeis placentula* v *euglypta* (581) *Geissleria similis* (501) *Navicula incarum* (390) *Bacillaria paxillifer* (348) y *Navicula tenelloides* (275) [ver Morfometría] Observandose que en la temporada lluviosa *Cocconeis placentula* v *euglypta* fue reemplazada por *Geissleria schoenfeldii* en terminos de dominancia. Por otro lado en la temporada seca se observó la importancia numérica de las cinco especies mencionadas al inicio del párrafo aunque el orden de importancia de cada una cambió notándose que fue *Cocconeis placentula* v *euglypta* la que presentó mayor numero de individuos (Cuadro XIII)

Cuadro XIII DIATOMEAS EN EL SUSTRATO HOJARASCA DEL RIO TRINIDAD EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (NEs) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>C placentula v euglypta</i>	581	<i>C placentula v euglypta</i>	525	<i>G similis</i>	372
<i>G similis</i>	501	<i>B paxillifer</i>	289	<i>N incarum</i>	213
<i>N incarum</i>	390	<i>N tenelloides</i>	182	<i>G schoenfeldii</i>	139
<i>B paxillifer</i>	348	<i>N incarum</i>	177	<i>N tenelloides</i>	93
<i>N tenelloides</i>	275	<i>G similis</i>	129	<i>B paxillifer</i>	59

Tres rios

En general en los rios Boquerón y Chagres se observo la dominancia de cuatro especies comunes a saber *Geissleria schoenfeldii* *Cocconeis placentula* var *euglypta* *Cymbella turgidula* y *Navicula incarum* Observandose que *Amphora acutiuscula* se presento solo en la temporada lluviosa del rio Boqueron y *Navicula decussis* en ambas temporadas sólo en el rio Chagres Por otro lado se observó en el rio Trinidad un reemplazo parcial de *G schoenfeldii* por *Geissleria similis* y allí se identificaron dos especies dominantes que no se encontraban en la lista de los rios Boqueron y Chagres (*Navicula tenelloides* *Bacillaria paxillifer*)

**(b₂) Abundancia total/ especie, cinco especies más abundantes/ estudio
(7 meses) por temporada para datos Es**

Piedra (Es)

Rio Boqueron

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii* (1026) *Cocconeis placentula* v *euglypta* (580) *Cymbella turgidula* (474) *Navicula incarum* (429) y *Cymbella affinis* (422) Observandose que en la temporada lluviosa solo *G schoenfeldii* *N incarum* y *Cocconeis placentula* v *euglypta* mantuvieron esta dominancia, presentandose en cambio en tercer y quinto orden de importancia, *Amphora acutiuscula* y *Navicula tenelloides* respectivamente Por otro lado se evidencio que fueron las colectas de la temporada seca las que incidieron en los resultados generalizados de los siete meses toda vez que en esta temporada se presentan las cinco especies mencionadas al inicio de este parrafo en casi igual orden de importancia numérica (Cuadro XIV)

**Cuadro XIV DIATOMEAS EN EL SUSTRATO PIEDRA DEL RIO BOQUERON EN
LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (Es) Abundancia No de valvas**

ESPECIES DE DIATOMEAS					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	1026	<i>G schoenfeldii</i>	484	<i>G schoenfeldii</i>	542
<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	580	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	458	<i>N incarum</i>	300
<i>C turgidula</i>	474	<i>C turgidula</i>	419	<i>A acutiuscula</i>	166
<i>N incarum</i>	429	<i>C affinis</i>	377	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	122
<i>C affinis</i>	422	<i>N incarum</i>	129	<i>N tenelloides</i>	98

Rio Chagres

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii* (2421) *Navicula incarum* (362) *Navicula decussis* (247) *Cocconeis placentula* v *euglypta* (202) y *Fragilaria ulna* (158) Observándose que en la temporada lluviosa solo *G schoenfeldii* *N incarum* y *Cocconeis placentula* v *euglypta* mantuvieron esta dominancia relativa, mientras que *Cymbella turgidula* y *Navicula decussis* ocuparon el tercer y quinto lugar de importancia numerica en la mencionada temporada Por otro lado se evidenció nuevamente que fueron las colectas de la temporada seca las que incidieron en los resultados generalizados de los siete meses toda vez que en esta temporada se presentan las cinco especies mencionadas al inicio de este parrafo en casi igual orden de importancia numérica (Cuadro XV)

Cuadro XV DIATOMEAS EN EL SUSTRATO PIEDRA DEL RIO CHAGRES EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (Es) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	2421	<i>G schoenfeldii</i>	1275	<i>G schoenfeldii</i>	1146
<i>N incarum</i>	362	<i>N decussis</i>	210	<i>N incarum</i>	261
<i>N decussis</i>	247	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	158	<i>C turgidula</i>	65
<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	202	<i>F ulna</i>	144	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	44
<i>F ulna</i>	158	<i>N incarum</i>	101	<i>N decussis</i>	37

Rio Trinidad

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Cocconeis placentula* v *euglypta* (358) *Geissleria similis* (340) *Navicula incarum* (338) *Navicula tenelloides* (322) y *Bacillaria paxillifer* (267) Observandose que en la temporada lluviosa *Cocconeis placentula* v *euglypta* fue reemplazada por *Navicula schroeteri* en terminos de dominancia. Se presentó solo en la temporada lluviosa *Nitzschia palea* en quinto lugar de importancia numérica Por otro lado en la temporada seca se observo la importancia numerica de las cinco especies mencionadas al inicio del parrafo aunque el orden de importancia de cada una cambió notandose que fue *Cocconeis placentula* v *euglypta* la que presentó mayor numero de individuos (Cuadro XVI)

Cuadro XVI DIATOMEAS EN EL SUSTRATO PIEDRA DEL RIO TRINIDAD EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (Es) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	358	<i>C placentula</i> v <i>euglypta</i>	343	<i>G similis</i>	204
<i>G similis</i>	340	<i>B paxillifer</i>	242	<i>N incarum</i>	168
<i>N incarum</i>	338	<i>N tenelloides</i>	235	<i>N tenelloides</i>	87
<i>N tenelloides</i>	322	<i>N incarum</i>	170	<i>N schroeteri</i>	75
<i>B paxillifer</i>	267	<i>G similis</i>	136	<i>N palea</i>	36

Tres Ríos

En general en los ríos Boquerón y Chagres se observó la dominancia de tres especies comunes a saber *Geissleria schoenfeldii*, *Cocconeis placentula* var *euglypta* y *Navicula incarum*. Observándose diferencias marcadas cuando consideramos las dos temporadas del año. Es así que *Amphora acutiuscula* y *Navicula tenelloides* sólo se presentaron en la temporada lluviosa del río Boquerón. *Cymbella turgidula* en la temporada lluviosa del río Chagres y en la seca del río Boquerón. Por otro lado *Cymbella affinis* se encontró en la temporada seca del río Boquerón y *Fragilaria ulna* en la temporada seca del río Chagres. En el río Trinidad, *Navicula schroeteri* y *Nitzschia palea* solo se registraron para la temporada lluviosa, no así para los otros sitios de estudio. Por su parte *Geissleria similis* y *Bacillaria paxillifer* se reportaron solamente en este sitio de muestreo.

Hojarasca (Es)

Río Boquerón

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii* (804), *Cocconeis placentula* v *euglypta* (657), *Cymbella turgidula* (292), *Cymbella affinis* (286) y *Navicula incarum* (263). Observándose que en las temporadas seca y lluviosa, las especies mencionadas anteriormente mantuvieron su dominancia, aunque se presentaron variaciones en el orden de importancia numérica (Cuadro XVII).

Cuadro XVII DIATOMEAS EN EL SUSTRATO HOJARASCA DEL RIO BOQUERON EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (Es) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	804	<i>G schoenfeldii</i>	654	<i>G schoenfeldii</i>	150
<i>C placentula v placentula</i>	657	<i>C placentula v euglypta</i>	517	<i>C placentula v euglypta</i>	140
<i>C turgidula</i>	292	<i>C affinis</i>	240	<i>N incarum</i>	90
<i>C affinis</i>	286	<i>C turgidula</i>	215	<i>C turgidula</i>	77
<i>N incarum</i>	263	<i>N incarum</i>	173	<i>C affinis</i>	46

Río Chagres

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii* (1483) *Cocconeis placentula v euglypta* (516) *Navicula incarum* (443) *Navicula decussis* (281) y *Cymbella turgidula* (191) Observándose que en la temporada lluviosa, las especies mencionadas con anterioridad mantuvieron su dominancia Por otro lado en la temporada seca solo *Geissleria schoenfeldii* *Cocconeis placentula v euglypta* *Navicula decussis* y *Navicula incarum* permanecieron como las especies dominantes En esta temporada, se presentó *Fragilaria ulna* en quinto lugar de importancia numérica (Cuadro XVIII)

Cuadro XVIII DIATOMEAS EN EL SUSTRATO HOJARASCA DEL RIO CHAGRES EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (Es) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	1483	<i>G schoenfeldii</i>	795	<i>G schoenfeldii</i>	688
<i>C placentula v euglypta</i>	516	<i>C placentula v euglypta</i>	396	<i>N incarum</i>	272
<i>N incarum</i>	443	<i>N decussis</i>	203	<i>C turgidula</i>	124
<i>N decussis</i>	281	<i>N incarum</i>	171	<i>C placentula v euglypta</i>	120
<i>C turgidula</i>	191	<i>F ulna</i>	83	<i>N decussis</i>	78

Río Trinidad

Durante los siete meses del estudio dominaron las especies *Cocconeis placentula v euglypta* (501) *Bacillaria paxillifer* (257) *Navicula tenelloides* (188) *Geissleria similis* (181) y *Navicula incarum* (172) Observandose que en la temporada lluviosa *Cocconeis placentula v euglypta* fue reemplazada por *Geissleria schoenfeldii* en términos de dominancia. Se presentó sólo en esta temporada *Navicula schroeteri* en quinto lugar de importancia numerica Por otro lado en la temporada seca se observo que *Cocconeis placentula v euglypta*, *Bacillaria paxillifer* *Navicula tenelloides* y *Navicula incarum* mantuvieron su dominancia. Solo se presentó en esta temporada *Achnanthes lanceolata* en quinto lugar de importancia numérica (Cuadro XIX)

Cuadro XIX DIATOMEAS EN EL SUSTRATO HOJARASCA DEL RIO TRINIDAD EN LOS SIETE MESES DE ESTUDIO (Es) Abundancia No de valvas

ESPECIES DE DIATOMEAS DOMINANTES					
SIETE MESES		SECA		LLUVIOSA	
Especies	Abundancia	Especies	Abundancia	Especies	Abundancia
<i>C placentula v euglypta</i>	501	<i>C placentula v euglypta</i>	491	<i>G similis</i>	83
<i>B paxillifer</i>	257	<i>B paxillifer</i>	247	<i>G schoenfeldii</i>	26
<i>N tenelloides</i>	188	<i>N tenelloides</i>	169	<i>N incarum</i>	42
<i>G similis</i>	181	<i>N incarum</i>	129	<i>N tenelloides</i>	19
<i>N incarum</i>	172	<i>A lanceolata</i>	110	<i>N schroeteri</i>	18

Tres Rios

En general en los rios Boquerón y Chagres se observó la dominancia de cuatro especies comunes a saber *Geissleria schoenfeldii* *Cocconeis placentula* var *euglypta* *Navicula incarum* y *Cymbella turgidula*. Observándose que *Cymbella affinis* se encontro en ambas temporadas del rio Boquerón y *Navicula decussis* en ambas temporadas del rio Chagres Por su parte *Fragilaria ulna* se reportó para la temporada seca del rio Chagres En el rio Trinidad se observaron cinco especies no reportadas para los otros sitios de estudio *Bacillaria paxillifer* *Geissleria similis* *Navicula tenelloides* *Navicula schroeteri* y *Achnanthes lanceolata*

(b₃) Comparación de los datos NEs y Es

Al utilizar los datos no estandarizados las cinco especies más abundantes por muestra (piedra, hojarasca) y temporada (lluviosa, seca) se registro un total de doce (12) especies de diatomeas observándose la mayor riqueza en piedra (12 vs 10) y dos especies eran exclusivas de este sustrato (Cuadro XX) Por otro lado con los datos estandarizados se registro un total de catorce (14) especies de diatomeas observándose la mayor riqueza en piedra (13 vs 12) y dos (2) especies resultaron exclusivas para piedra y una (1) para hojarasca (Cuadro XVIII) Si bien es cierto los numeros son parecidos vale la pena resaltar que las especies que no coincidieron (piedra vs hojarasca) para ambos enfoques fueron totalmente diferentes Pudiéndose estimar un porcentaje de coincidencia, entre ambos sustratos de 83 33% y 92 31% para el enfoque no estandarizado y estandarizado respectivamente

Cuadro XX COMPARACIÓN DE LOS DATOS NEs Y Es POR SUSTRATOS

* = presencia, = ausencia.

ESPECIES	DATOS			
	No Estandarizados		Estandarizados	
	Piedra	Hojarasca	Piedra	Hojarasca
<i>Bacillaria paxillifer</i>	*	*	*	*
<i>Cocconeis placentula</i> v <i>euglypta</i>	*	*	*	*
<i>Cymbella affinis</i>	*	*	*	*
<i>Cymbella turgidula</i>	*	*	*	*
<i>Geissleria schoenfeldii</i>	*	*	*	*
<i>Geissleria similis</i>	*	*	*	*
<i>Navicula decussis</i>	*	*	*	*
<i>Navicula incarum</i>	*	*	*	*
<i>Navicula tenelloides</i>	*	*	*	*
<i>Fragilaria ulna</i>	*		*	*
<i>Navicula schroeterii</i>	*		*	*
<i>Amphora acutuscula</i>	*	*	*	
<i>Achnanthes lanceolata</i>				*
<i>Nitzschia palea</i>			*	

(c) Comparación de los sustratos en cuanto a curvas de rarefacción riqueza/mes abundancia/ mes temporada y analisis jerarquico (Piedra + Hojarasca) para NEs y Es

(c₁) Curvas de rarefacción para datos NEs

Lluviosa

Para la temporada lluviosa, en los rios Boquerón y Chagres el muestreo fue más eficiente en piedra, toda vez que las curvas se aproximaban a la asintota. Con respecto a la hojarasca, en ambas estaciones se requeriria mayor esfuerzo de muestreo para alcanzar la representatividad de la muestra (Figs 31 y 32) Por su parte en Trinidad las curvas de rarefacción para piedra y hojarasca fueron similares en el sentido de que no lograron alcanzar la asintota (muestra representativa) En este caso seria necesario mayor esfuerzo de muestreo (Fig 33) Nuevamente se hace evidente que para alcanzar la muestra representativa, tendría que incrementarse el numero de piedras y hojarasca a coleccionar así como elevar los conteos a cuatrocientas valvas por muestra.

Al comparar las curvas de rarefaccion de piedra vs hojarasca por rio en la temporada lluviosa, se hace evidente que existe diferencia significativa (Mann Whitney Chagres Piedra vs Hojarasca $p = 0.0104 < 0.05$) entre la riqueza de especies de ambos sustratos en el rio Chagres si la comparamos con la riqueza encontrada para los mismos sustratos en los rios Boquerón (Mann Whitney Boquerón, Piedra vs Hojarasca $p = 0.2980 > 0.05$) y Trinidad (Mann Whitney Trinidad Piedra vs Hojarasca $p = 0.2980 > 0.05$)

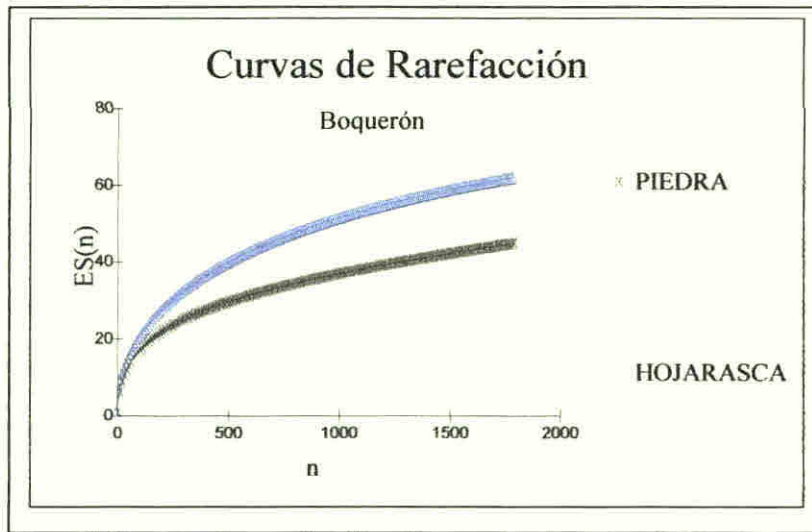


Fig. 31 Curvas de rarefacción-Boquerón, temporada lluviosa (NEs).

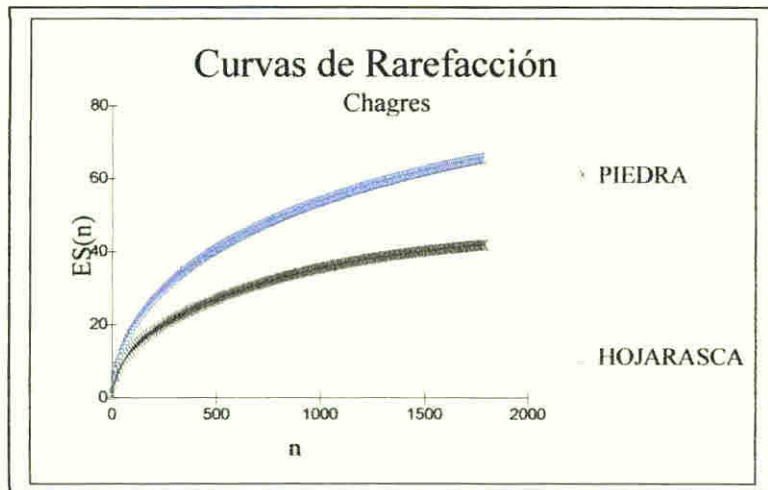


Fig. 32 Curvas de rarefacción-Chagres, temporada lluviosa (NEs).

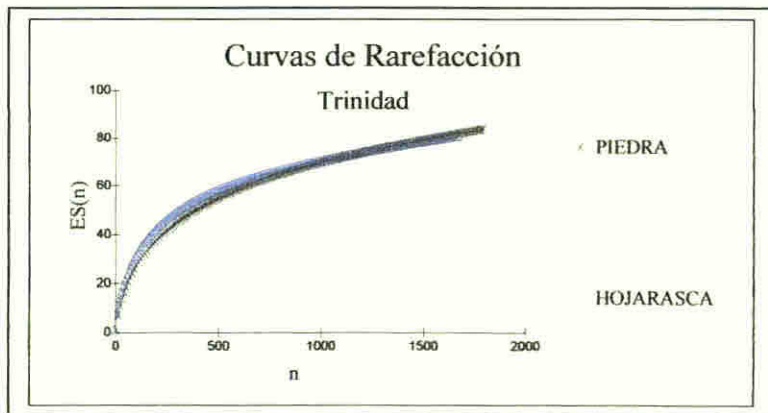


Fig. 33 Curvas de rarefacción-Trinidad, temporada lluviosa (NEs).

Seca

En el río Boquerón, las curvas de rarefacción para piedra y hojarasca fueron mas similares que las observadas durante la temporada lluviosa. Esto podria significar que la estructura de la comunidad en ambos casos reflejo una riqueza parecida. Sin embargo se requeriria mayor esfuerzo de muestreo para alcanzar la muestra representativa (Fig 34) En el caso del río Chagres ambas curvas fueron parecidas no se aproximaban a la asintota, por lo que también se necesitaria mayor esfuerzo de muestreo (Fig 35) En el río Trinidad las curvas de rarefacción para ambos sustratos fueron ligeramente diferentes y se observó que la curva realizada con los datos de piedra casi se aproximó a la asíntota. Lo que permite concluir que en este caso se estuvo cerca de la muestra representativa (muestreo eficiente) Fig 36

Si comparamos las curvas de rarefaccion de piedra vs hojarasca por río durante la temporada seca, encontramos que no existen diferencias significativas entre la riqueza de especies de ambos sustratos en estos rios (Mann Whitney Boquerón Piedra vs Hojarasca $p = 0.0661 > 0.05$ Chagres Piedra vs Hojarasca $p = 0.0587 > 0.05$ Trinidad Piedra vs Hojarasca $p = 0.0929 > 0.05$)

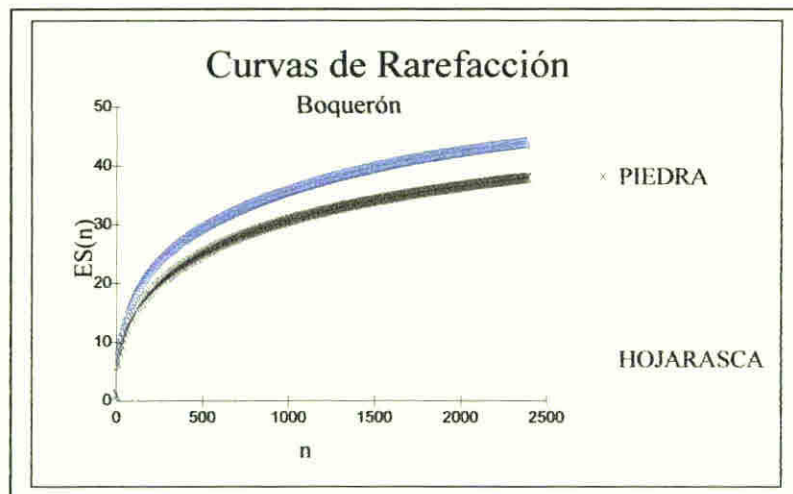


Fig. 34 Curvas de rarefacción-Boquerón, temporada seca (NEs).

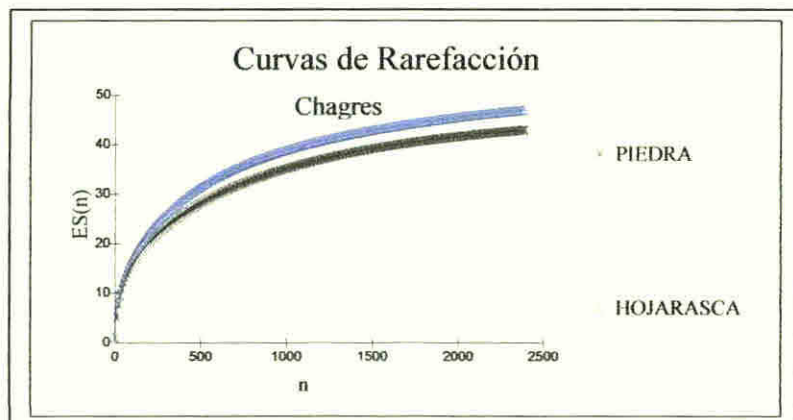


Fig. 35 Curvas de rarefacción-Chagres, temporada seca (NEs).

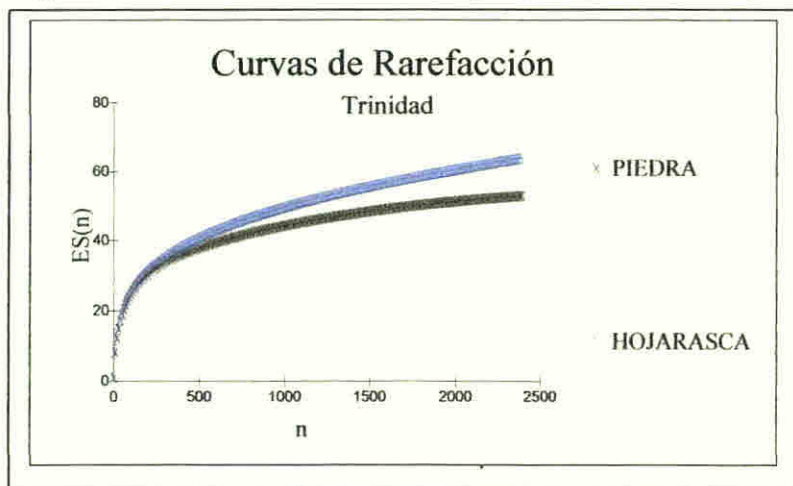


Fig. 36 Curvas de rarefacción-Trinidad, temporada seca (NEs).

(c₂) Curvas de rarefacción, para datos Es.

Dado que se cuenta con los mismos valores de riqueza de especies tanto para datos NEs y Es, considerando los sustratos y temporadas, al igual que los valores de “p” en Mann-Whitney, sólo se reportarán los valores anteriores en datos no estandarizados (NEs).

- Lluviosa:

Para la temporada lluviosa, en los ríos Boquerón y Chagres, se evidenció que el muestreo en piedra fue más eficiente que el de hojarasca, toda vez que la curva se aproximaba más a la asíntota. Sin embargo, será necesario mayor esfuerzo de muestreo en ambos sustratos y sitios de estudio, para tener una muestra representativa (Figs. 37 y 38). En el río Trinidad, el método no fue muy eficiente para alcanzar la muestra representativa, por lo que también sería necesario aumentar los muestreos en este sitio de colecta (Fig. 39). En base a lo anterior, podemos señalar una vez más, que un incremento en el número de piedras y hojarasca, así como un conteo de cuatrocientas valvas, permitiría obtener la muestra representativa.

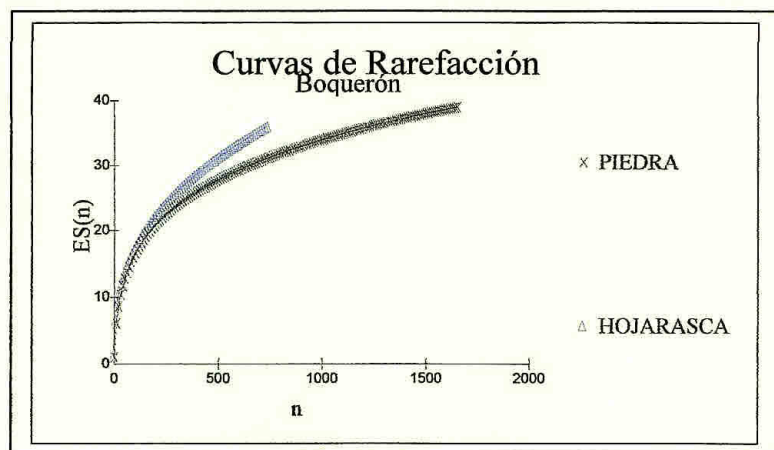


Fig. 37 Curvas de rarefacción-Boquerón, temporada lluviosa (Es).

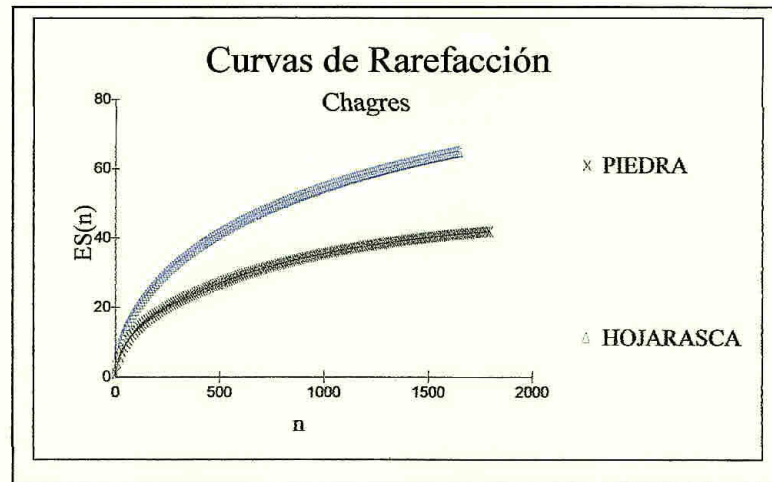


Fig. 38 Curvas de rarefacción-Chagres, temporada lluviosa (Es).

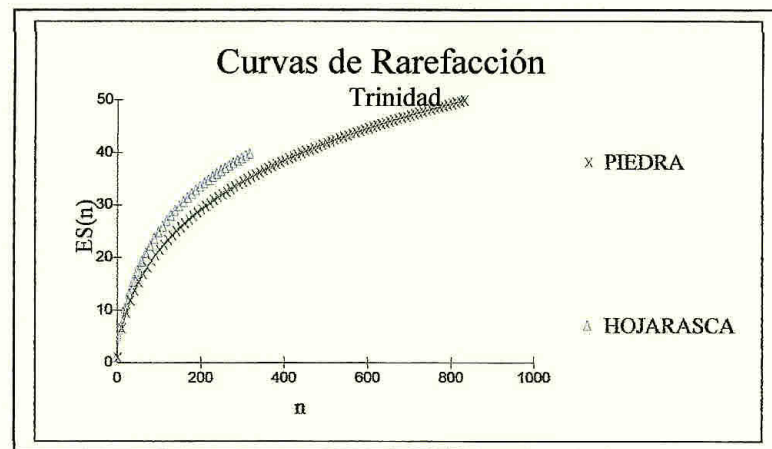


Fig. 39 Curvas de rarefacción-Trinidad, temporada lluviosa (Es).

- Seca:

En los tres ríos, las curvas de rarefacción de piedra vs hojarasca mostraron una tendencia asintótica más pronunciada, pero como en casos anteriores, se requeriría mayor esfuerzo para lograr la muestra representativa (Figs. 40-42).

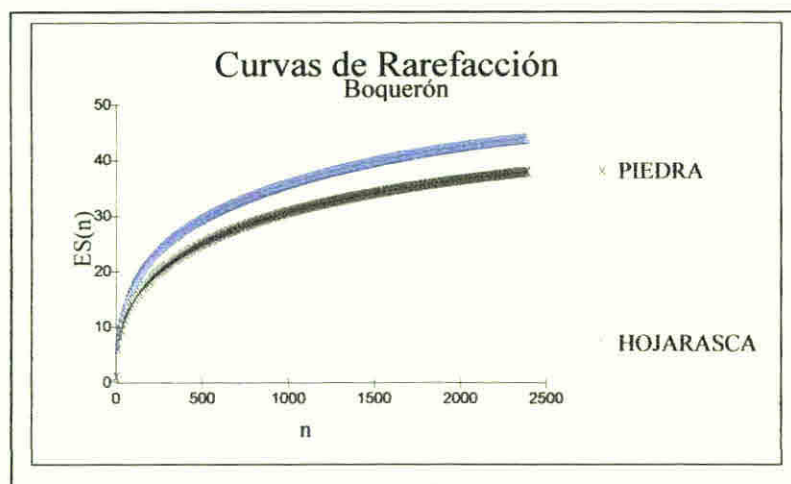


Fig. 40 Curvas de rarefacción-Boquerón, temporada seca (Es).

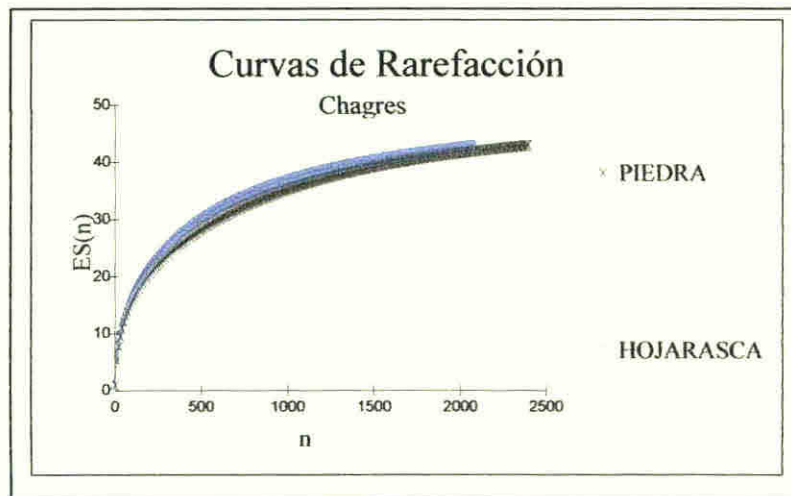


Fig. 41 Curvas de rarefacción-Chagres, temporada seca (Es)

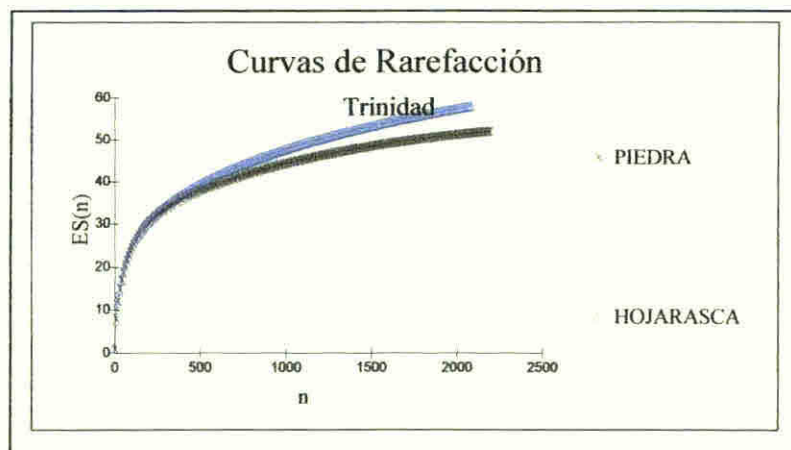


Fig. 42 Curvas de rarefacción-Trinidad, temporada seca (Es).

(c₃) Riqueza/ mes, abundancia/ mes y análisis jerárquico para datos NEs y Es.

(c_{3.1}) Riqueza/ mes, para datos Es.

En términos generales, al comparar los sustratos, se evidenció que la mayor riqueza de especies se presentó en la hojarasca durante la temporada lluviosa (Figs. 43-45), siendo significativa en el río Chagres durante el mes de noviembre (Mann-Whitney: Chagres, Piedra vs Hojarasca $p = 0,0298 < 0,05$). En cambio, no se presentaron diferencias significativas entre la riqueza de piedra y hojarasca de los diferentes meses en los ríos Boquerón y Trinidad (Mann-Whitney: Boquerón, Piedra vs Hojarasca $p = 0,0967 > 0,05$; Trinidad, Piedra vs Hojarasca $p = 0,4062 > 0,05$). En la temporada seca (enero-marzo), hubo una disminución de la riqueza de diatomeas, debido en parte, a la dominancia de ciertas taxa. En el río Trinidad, se hizo más evidente la riqueza de especies, tanto en piedra como hojarasca, durante la temporada lluviosa, octubre-noviembre (Fig. 45).

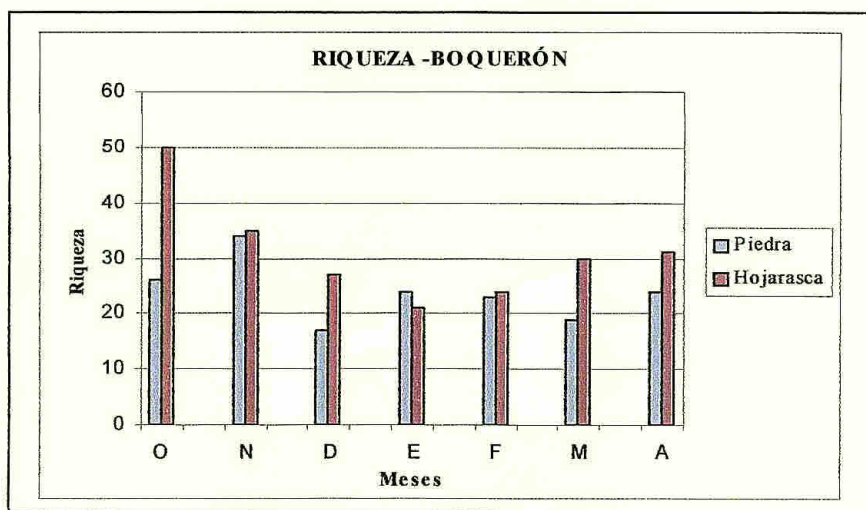


Fig. 43 Riqueza de especies por sustrato, en Boquerón.

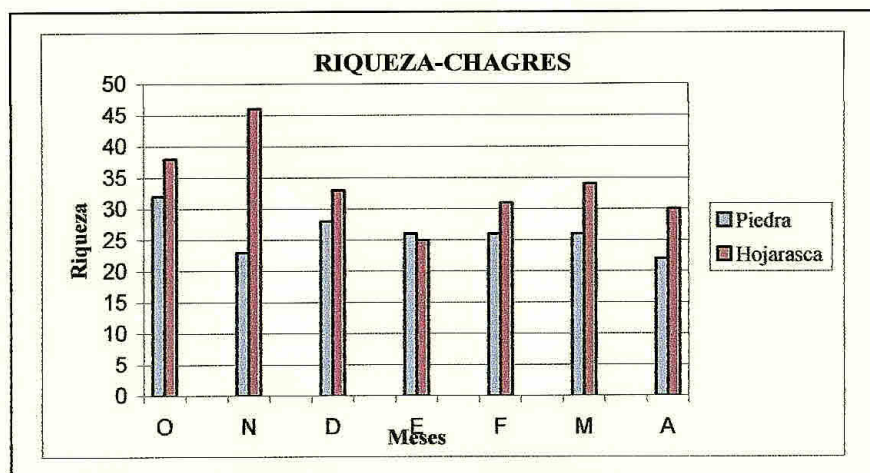


Fig. 44 Riqueza de especies por sustrato, en Chagres.

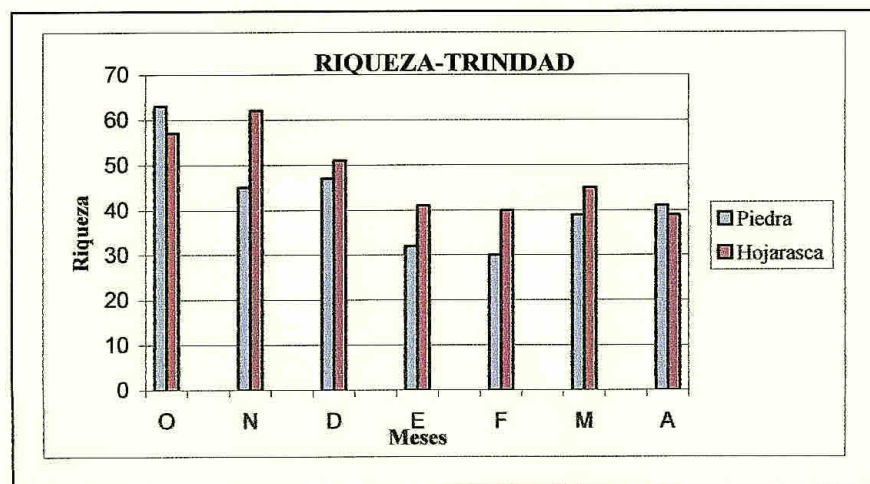


Fig. 45 Riqueza de especies por sustrato, en Trinidad.

(c_{3.2}) Abundancia/ mes, para datos Es.

- Piedra

En el río Boquerón, las especies dominantes en términos del número de valvas, estuvieron representadas por *Geissleria schoenfeldii* (Gsch) en diciembre, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Cpla) en marzo y *Navicula incarum* (Ninca) en octubre (Fig. 46) . En el río Chagres, dominó *Geissleria schoenfeldii* durante todos los meses del estudio, seguido de *Navicula incarum* (Ninca) en los meses de octubre, noviembre y diciembre (Fig. 47). Por último, en el río Trinidad, la mayor abundancia estuvo representada por *Cocconeis placentula* var. *euglypta* en marzo, seguida de *Geissleria similis* (Gsim) y *Navicula incarum* (Ninca) en el mes de diciembre (Fig. 48).

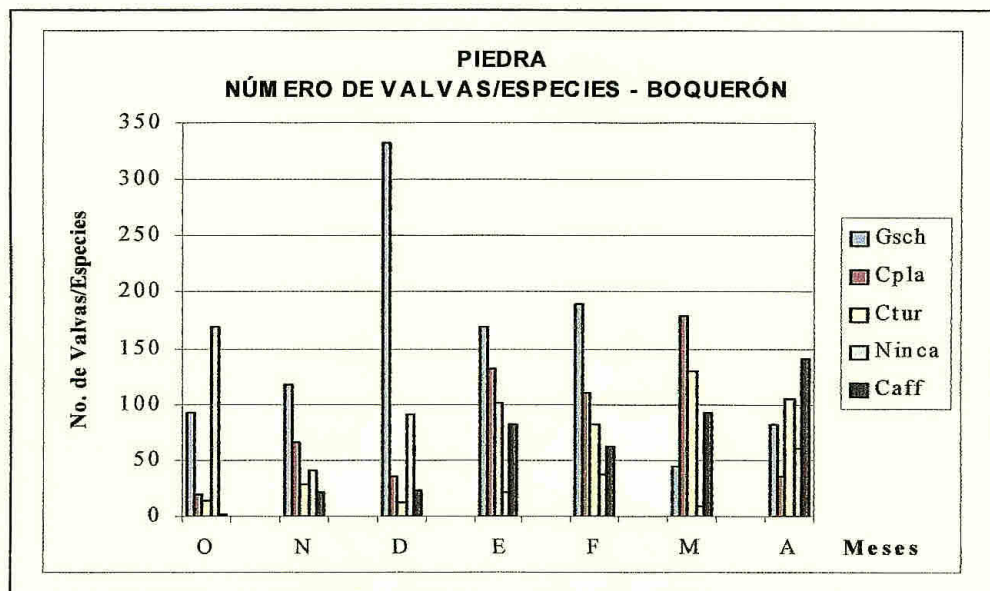


Fig. 46 Abundancia de diatomeas en piedra del río Boquerón

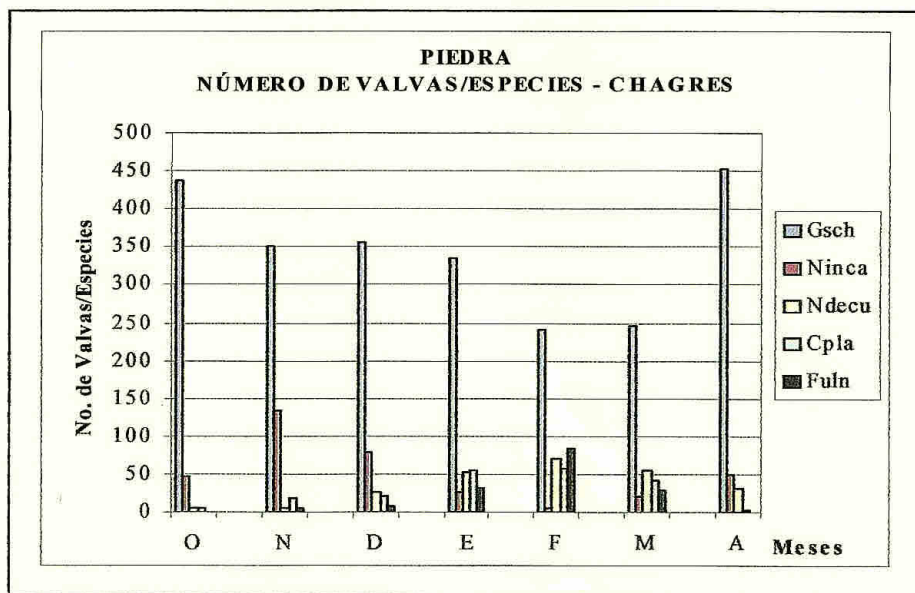


Fig. 47 Abundancia de diatomeas en piedras del río Chagres

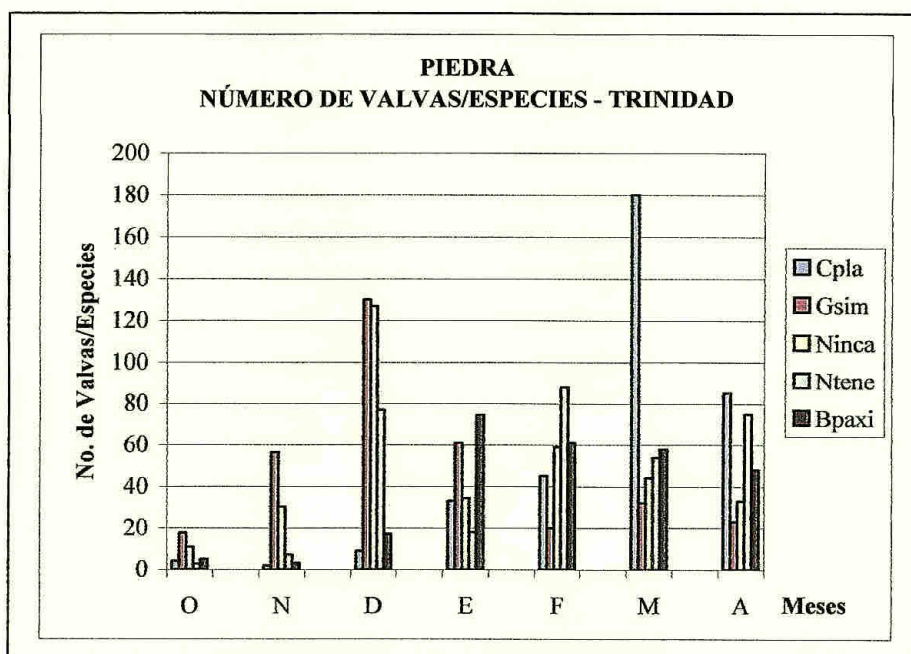


Fig. 48 Abundancia de diatomeas en piedra del río Trinidad

-Hojarasca

En el río Boquerón, las especies dominantes estuvieron representadas por *Geissleria schoenfeldii* y *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, en los meses de enero y marzo respectivamente (Fig. 49). En el río Chagres, la especie dominante fue *Geissleria schoenfeldii* en todos los meses de estudio (Fig. 50). En el río Trinidad, la especie de mayor dominancia fue *Cocconeis placentula* var. *euglypta* en los meses de febrero-marzo y *Geissleria similis* en diciembre (Fig. 51).

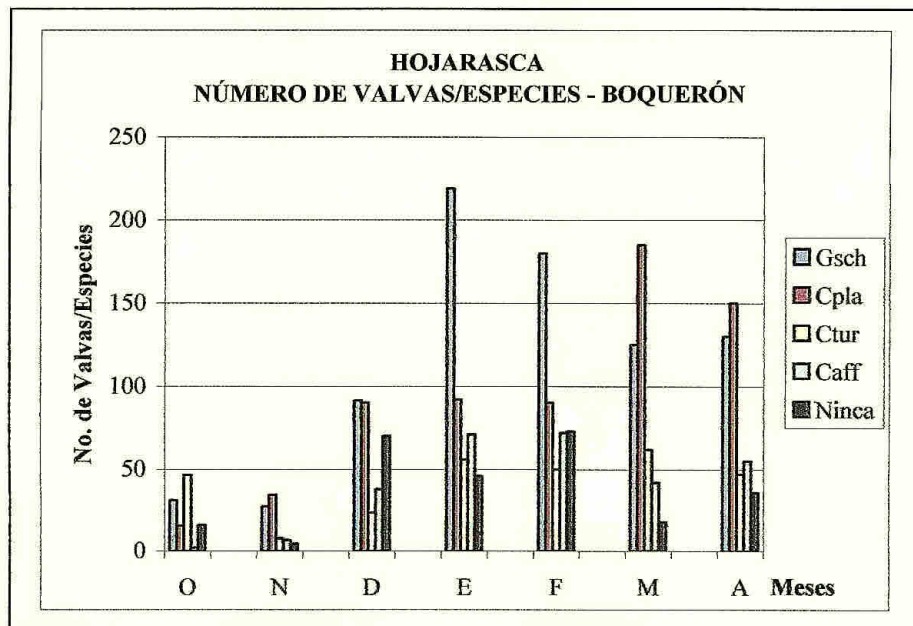


Fig. 49 Abundancia de diatomeas en hojarasca del río Boquerón

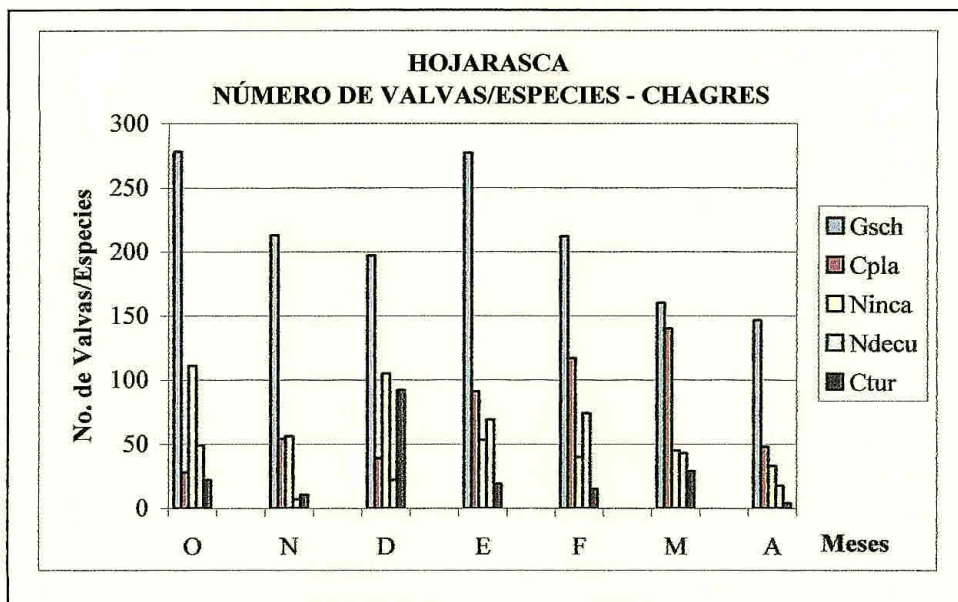


Fig. 50 Abundancia de diatomeas en hojarasca del río Chagres

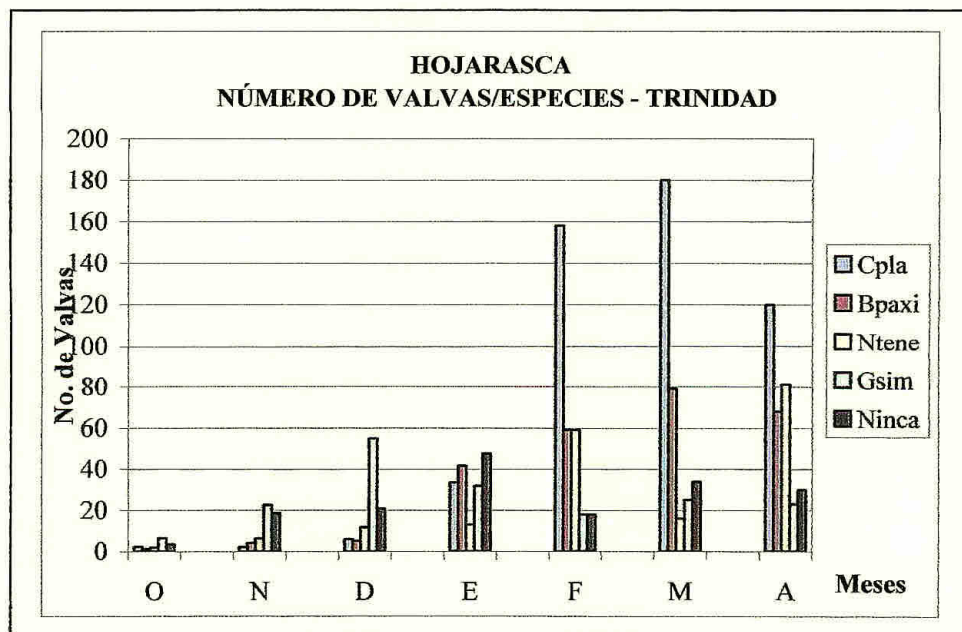


Fig. 51 Abundancia de diatomeas en hojarasca del río Trinidad

(c_{3.3}) Cluster (Bray-Curtis) por sustrato, temporada para datos Es

Lluviosa

El análisis de Cluster (Bray Curtis) para la temporada lluviosa, presenta en el dendrograma dos grandes ramas (Fig 52) una rama incluye a las muestras de piedra y hojarasca obtenidas en los ríos Chagres y Boquerón y la otra rama, presenta las muestras de piedra y hojarasca del río Trinidad. Aunque fue evidente el mayor porcentaje de similitud (73.4%) en las muestras de piedra y hojarasca del río Chagres. Todo esto podría obedecer a que en los ríos Chagres y Boquerón para ambos sustratos dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii*, *Cocconeis placentula* var *euglypta*, *Navicula incarum*, *Navicula decussis*, *Cymbella turgidula*, *Fragilaria ulna* y *Cymbella affinis*. Siendo *G. schoenfeldii* la de mayor importancia numérica.

En tanto que para Trinidad las muestras de piedra y hojarasca presentaron otros taxa dominantes tales como (*Cocconeis placentula* var *euglypta*, *Geissleria similis*, *Navicula incarum*, *Navicula tenelloides* y *Bacillaria paxillifer*).

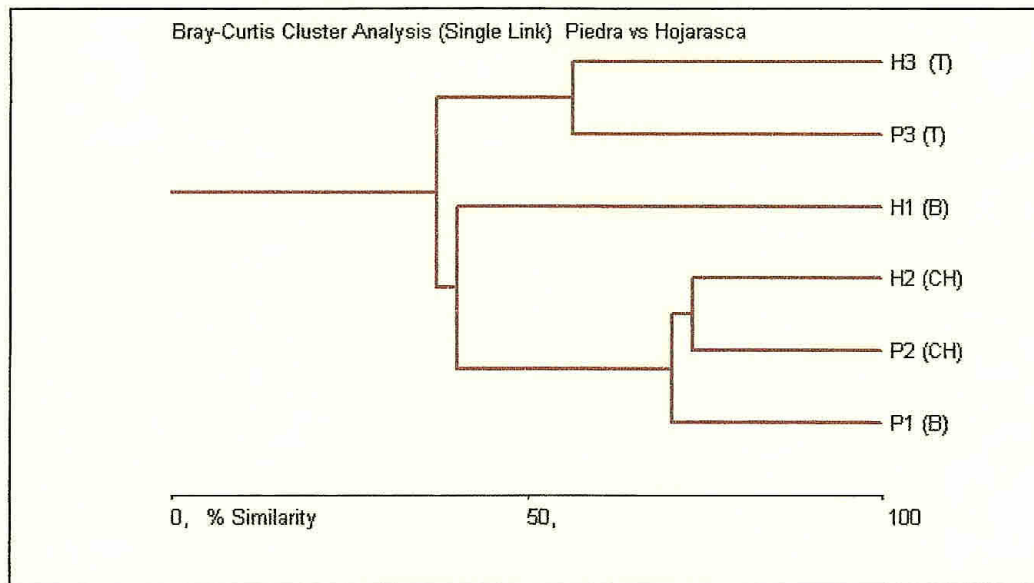


Fig. 52 Comparación de los sustratos (Cluster) por ríos y temporada lluviosa.

- Seca:

Para la temporada seca, los resultados del dendrograma (Fig. 53) evidencian una clara diferencia taxocenótica entre la comunidad del río Trinidad y los otros dos ríos, aunque en este caso las muestras del río Boquerón resultaron más semejantes que en la temporada lluviosa. El mayor porcentaje de similitud (79.4%) se presentó para las muestras de piedra y hojarasca del río Trinidad, donde dominaron las especies (*Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Bacillaria paxillifer*, *Navicula tenelloides*, *Navicula incarum* y *Geissleria similis*), seguido de las muestras de piedra y hojarasca del río Boquerón, donde los taxa de mayor abundancia fueron *Geissleria schoenfeldii*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Cymbella turgidula*, *Cymbella affinis* y *Navicula incarum*. Por su parte, las muestras de piedra y hojarasca del río Chagres, mostraron una similitud menor que la observada para ambos sustratos en los ríos Boquerón y Trinidad.

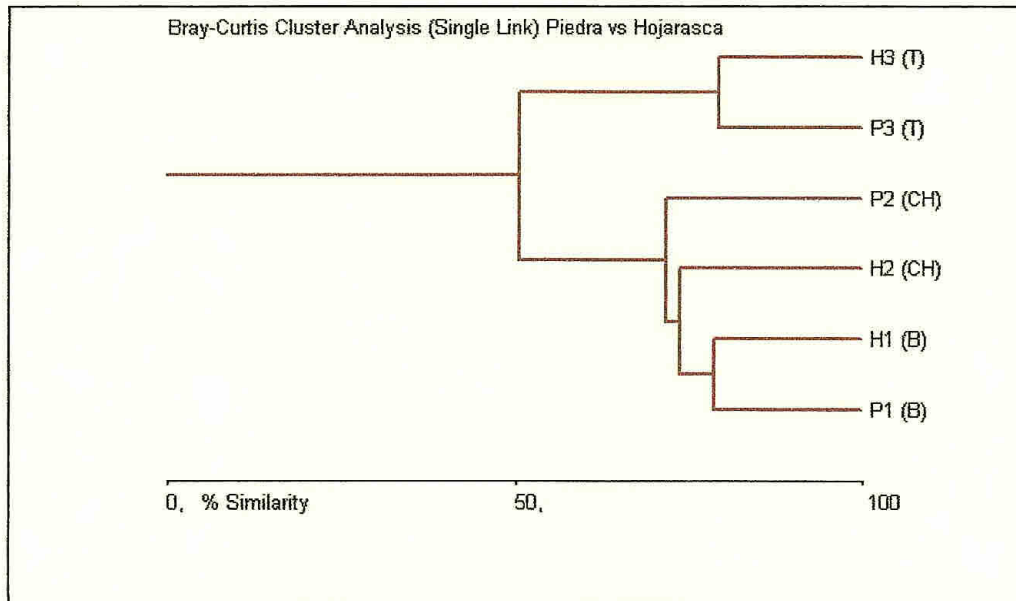


Fig. 53 Comparación de los sustratos (Cluster) por ríos y temporada seca.

(c4) Comparación de la abundancia de las cinco especies dominantes, por río, temporada (cuadros), para datos NEs y Es.

(c4.1) Datos NEs

- Río Boquerón

Durante la temporada lluviosa, las cinco especies más dominantes en piedra (Cuadro XXI), estuvieron representadas por *Geissleria schoenfeldii* (585), *Navicula incarum* (311), *Amphora acutiuscula* (171), *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (151) y *Navicula tenelloides* (114). Por su parte, en hojarasca dominaron la mayoría de las especies presentes en piedra, excepto *Navicula tenelloides*, que fue reemplazada por *Cymbella turgidula* en términos de abundancia.

En la temporada seca, para piedra, las especies de mayor dominancia (Cuadro XXI) estuvieron representadas por *Geissleria schoenfeldii* (484) *Cocconeis placentula* var *euglypta* (458) *Cymbella turgidula* (419) *Cymbella affinis* (377) y *Fragilaria ulna* (162) En cambio en hojarasca, dominaron las cuatro primeras especies que se observaron en piedra, siendo *Fragilaria ulna* reemplazada en esta muestra por *Navicula incarum* (173)

Cuadro XXI COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS DIATOMEAS DOMINANTES EN EL RIO BOQUERON POR SUSTRATOS Y TEMPORADAS (NEs) T lluviosa octubre-diciembre T seca enero abril () No se registró dentro de las cinco especies mas abundantes

RÍO BOQUERÓN				
(Datos No Estandarizados)				
ESPECIES	PIEDRA		HOJARASCA	
	T lluviosa	T seca	T lluviosa	T seca
	Abundancia	Abundancia	Abundancia	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	585	484	404	654
<i>N incarum</i>	311		169	173
<i>C turgidula</i>		419	237	215
<i>A acutiuscula</i>	171		124	
<i>C placentula</i> var <i>euglypta</i>	151	458	330	517
<i>N tenelloides</i>	114			
<i>C affinis</i>		377		240
<i>F ulna</i>		162		

Río CHagres

Durante la temporada lluviosa, las cinco especies de mayor dominancia en piedra (Cuadro XXII) fueron *Geissleria schoenfeldii* (1146) *Navicula incarum* (261) *Cymbella turgidula* (65) *Amphora acutiuscula* (49) y *Cocconeis placentula* var *euglypta* (44) En cambio en hojarasca se presentaron las mismas especies excepto *Amphora acutiuscula* que fue reemplazada en términos de importancia numérica y abundancia por *Navicula decussis* (81)

En la temporada seca, para piedra (Cuadro XXII) se observaron como dominantes a *Geissleria schoenfeldii* (1275) *Navicula decussis* (210) *Cocconeis placentula* var *euglypta* (158) *Fragilaria ulna* (144) y *Navicula incarum* (101) Por su parte en hojarasca, se mantuvieron como dominantes las mismas especies observadas en piedra, sólo que en diferente orden de importancia numerica.

Cuadro XXII COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS DIATOMEAS DOMINANTES EN EL RIO CHAGRES POR SUSTRATOS Y TEMPORADAS (NEs) T lluviosa octubre-diciembre T seca enero abril () No se registró dentro de las cinco especies más abundantes

RÍO CHAGRES				
(Datos No Estandarizados)				
ESPECIES	PIEDRA		HOJARASCA	
	T lluviosa	T seca	T lluviosa	T seca
	Abundancia	Abundancia	Abundancia	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	1146	1275	749	941
<i>N incarum</i>	261	101	295	204
<i>C turgidula</i>	65		128	
<i>A acutiuscula</i>	49			
<i>C placentula</i> var <i>euglypta</i>	44	158	146	444
<i>F ulna</i>		144		85
<i>N decussis</i>		210	81	221

Río Trinidad

Durante la temporada lluviosa, en piedra (Cuadro XXIII) los taxa dominantes fueron *Geissleria similis* (474) *Navicula incarum* (321) *Navicula schroeteri* (151) *Navicula tenelloides* (125) y *Bacillaria paxillifer* (61) En hojarasca, se mantuvo la mayoría de las especies excepto *Bacillaria paxillifer* que fue reemplazada por *Geissleria schoenfeldii* en términos de importancia numerica y abundancia.

En temporada seca, para piedra (Cuadro XXIII) dominaron las especies *Cocconeis placentula* var *euglypta* (359) *Bacillaria paxillifer* (271) *Navicula tenelloides* (251) *Navicula incarum* (193) y *Geissleria similis* (178) En tanto que en hojarasca, se mantuvieron como dominantes las mismas especies variando sólo su abundancia.

Cuadro XXIII COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS DIATOMEAS DOMINANTES EN EL RIO TRINIDAD POR SUSTRATOS Y TEMPORADAS (NEs) T lluviosa octubre-diciembre T seca enero abril () No se registro dentro de las cinco especies mas abundantes

RÍO TRINIDAD				
(Datos No Estandarizados)				
ESPECIES	PIEDRA		HOJARASCA	
	T lluviosa	T seca	T lluviosa	T seca
	Abundancia	Abundancia	Abundancia	Abundancia
<i>G similis</i>	474	178	372	129
<i>G schoenfeldii</i>			139	
<i>N incarum</i>	321	193	213	177
<i>N schroeterii</i>	151		85	
<i>B paxillifer</i>	61	271		289
<i>C placentula</i> var <i>euglypta</i>		359		525
<i>N tenelloides</i>	125	251	93	182

(c_{4.2}) Datos Es

Río Boquerón

En la temporada lluviosa, para piedra (Cuadro XXIV) dominaron las especies *Geissleria schoenfeldii* (542 5) *Navicula incarum* (300 5) *Amphora acutiuscula* (166 5) *Cocconeis placentula* var *euglypta* (122 5) y *Navicula tenelloides* (98 5) En hojarasca, los taxa dominantes estuvieron representadas por *Geissleria schoenfeldii* (150 3) *Cocconeis placentula* var *euglypta* (140 1) *Navicula incarum* (90 2) *Cymbella turgidula* (77 7) y *Cymbella affinis* (46 6)

Para la temporada seca, en piedra (Cuadro XXIV) se observaron como especies dominantes a *Geissleria schoenfeldii* (484) *Cocconeis placentula* var *euglypta* (458) *Cymbella turgidula* (419) *Cymbella affinis* (377) y *Fragilaria ulna* (162) En el caso de hojarasca, se mantuvieron las mismas especies salvo *Fragilaria ulna* que fue reemplazada por *Navicula incarum* (173) en términos de abundancia.

Cuadro XXIV COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS DIATOMEAS DOMINANTES EN EL RIO BOQUERON POR SUSTRATOS Y TEMPORADAS
(Es) T lluviosa octubre-diciembre T seca enero abril () No se registró dentro de las cinco especies más abundantes

RÍO BOQUERÓN				
(Datos Estandarizados)				
ESPECIES	PIEDRA		HOJARASCA	
	T lluviosa	T seca	T lluviosa	T seca
	Abundancia	Abundancia	Abundancia	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	542	484	150	654
<i>N incarum</i>	300		90	173
<i>C turgidula</i>		419	77	215
<i>A acutiuscula</i>	166			
<i>C placentula</i> var <i>Euglypta</i>	122	458	140	517
<i>N tenelloides</i>	98			
<i>C affinis</i>		377	46	240
<i>F ulna</i>		162		

Río Chagres

En la temporada lluviosa, para piedra (Cuadro XXV) se presentaron como taxa dominantes *Geissleria schoenfeldii* (1146) *Navicula incarum* (261) *Cymbella turgidula* (65) *Amphora acutiuscula* (49) y *Cocconeis placentula* var *euglypta* (44) En cambio para hojarasca, se presentaron las mismas especies pero con diferente orden de importancia numérica.

Para la temporada seca, en piedra (Cuadro XXV) dominaron *Geissleria schoenfeldii* (1275) *Navicula decussis* (210) *Cocconeis placentula* var *euglypta* (158) *Fragilaria ulna* (144) y *Navicula incarum* (101) En el caso de hojarasca, dominaron las mismas especies pero en diferente orden de importancia numérica.

Cuadro XXV COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS DIATOMEAS DOMINANTES EN EL RIO CHAGRES POR SUSTRATOS Y TEMPORADAS
(Es) T lluviosa octubre-diciembre T seca enero-abril () No se registró dentro de las cinco especies más abundantes

RÍO CHAGRES				
(Datos Estandarizados)				
ESPECIES	PIEDRA		HOJARASCA	
	T lluviosa	T seca	T lluviosa	T seca
	Abundancia	Abundancia	Abundancia	Abundancia
<i>G schoenfeldii</i>	1146	1275	688	795
<i>N incarum</i>	261	101	272	171
<i>C turgidula</i>	65		124	
<i>A acutiuscula</i>	49		61	
<i>C placentula</i> var <i>Euglypta</i>	44	158	120	396
<i>F ulna</i>		144		83
<i>N decussis</i>		210		203

Río Trinidad

En la temporada lluviosa, para piedra (Cuadro XXVI) dominaron *Geissleria similis* (204 1) *Navicula incarum* (168 2) *Navicula tenelloides* (87) *Navicula schroeteri* (75 4) y *Nitzschia palea* (36 4) En hojarasca, se mantuvieron como dominantes la mayoría de las especies excepto *Nitzschia palea* que fue reemplazada por *Geissleria schoenfeldii* pero en diferente orden de importancia numérica.

Para la temporada seca, en piedra (Cuadro XXVI) se presentaron como dominantes las especies *Cocconeis placentula* var *euglypta* (343) *Bacillaria paxillifer* (242) *Navicula tenelloides* (235) *Navicula incarum* (170) y *Geissleria similis* (136) En la

hojarasca, se mantuvieron casi las mismas especies salvo que se presentó por primera vez *Achnanthes lanceolata* (110 5)

Cuadro XXVI COMPARACION DE LA ABUNDANCIA DE LAS DIATOMEAS DOMINANTES EN EL RIO TRINIDAD POR SUSTRATOS Y TEMPORADAS
(Es) T lluviosa octubre-diciembre T seca enero-abril () No se registró dentro de las cinco especies más abundantes

RÍO TRINIDAD				
(Datos Estandarizados)				
ESPECIES	PIEDRA		HOJARASCA	
	T lluviosa	T seca	T lluviosa	T seca
	Abundancia	Abundancia	Abundancia	Abundancia
<i>A lanceolata</i>				110 5
<i>G similis</i>	204 1	136	83 8	
<i>G schoenfeldii</i>			26 63	
<i>N incarum</i>	168 2	170	42 6	129 5
<i>N schroeterii</i>	75 4		18 5	
<i>B paxillifer</i>		242		247 5
<i>C placentula</i> var <i>euglypta</i>		343		491 5
<i>N tenelloides</i>	87	235	19 9	169
<i>N palea</i>	36 4			

3 Relación entre parámetros fisicoquímicos, biológicos y sitios de estudio

Para determinar las relaciones entre los parámetros fisicoquímicos y biológicos se realizó el Análisis de Correlación de los Rangos de Spearman (Cuadro XXVII) Las especies que se utilizaron en el análisis correspondieron a *Cymbella turgidula* (Ctur) *Cymbella affinis* (Caff) *Cocconeis placentula* var *euglypta* (Cpla) *Geissleria schoenfeldii* (Gsch) *Navicula incarum* (Ninca) y *Navicula decussis* (Ndecu) Por su parte los principales parámetros fisicoquímicos relacionados con las especies fueron los sólidos totales disueltos TSD (mg/l) los sólidos totales suspendidos TSS (mg/l) bicarbonatos HCO_3 (mg/l) el calcio- Ca^{2+} (mg/l) el sodio Na^+ (mg/l) los nitratos NO_3

(mg/l) y los fosfatos PO_4 (mg/l) A continuación se presenta una breve descripción de estos parametros de acuerdo con la Autoridad del Canal de Panama (2006 a 2008)

Solidos totales disueltos TSD (mg/l) es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua, después de remover los solidos suspendidos Estos sólidos atraviesan un filtro o tamiz de $2.0\ \mu\text{m}$ de porosidad o menores

Solidos totales suspendidos TSS (mg/l) 'particulas sólidas orgánicas e inorgánicas que se mantienen en suspension en una solución y son retenidas por el tamiz de $2.0\ \mu\text{m}$ de porosidad o menores al filtrar la muestra de agua

Bicarbonatos HCO_3 (mg/l) el bicarbonato constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad Los carbonatos y bicarbonatos de los cuerpos naturales de agua dulce se originan, generalmente del desgaste y disolución de rocas en la cuenca que contienen carbonatos tales como la piedra caliza

Metales [calcio Ca^{2+} (mg/l) y sodio Na^+ (mg/l)] se refieren a las sustancias cuya presencia puede ser beneficiosa, problemática o peligrosamente tóxica, dependiendo del uso que tenga la fuente de agua

Nitratos NO_3 (mg/l) compuestos quimicos utilizados como fertilizantes en la agricultura. Constituyen la fuente de nutrientes para ciertos organismos autotrofos Una alta concentración de nitratos puede originar el fenomeno de eutrofizacion

Fosfatos PO_4 (mg/l) iones que se obtienen de diversas partes Sus compuestos pueden ser añadidos al agua de lavado y limpieza o pueden obtenerse producto de procesos biológicos Su presencia ayuda a determinar la cantidad de nutrientes en el agua

Cuadro XXVII COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE RANGOS DE SPEARMAN (R_s) PARA LOS DATOS FISICOQUIMICOS Y BIOLOGICOS

Boqueron Chagres Trinidad							
ESPECIES	TSD (mg/l)	TSS (mg/l)	HCO₃⁻ (mg/l)	Ca²⁺ (mg/l)	Na (mg/l)	NO₃ (mg/l)	PO₄³⁻ (mg/l)
Ctur	0.7946 *	0.875		0.884			
Caff	0.8482						
Cpla	0.7946		0.8036 *		0.8125 *		
Gsch						0.7857 *	
Ninca						0.8571 *	0.9286 *
Ndecu					0.8036 *		

(a) Correlación de Rangos de Spearman entre los parámetros fisicoquímicos y biológicos para datos NEs

A través del análisis de Correlación de Rangos de Spearman aplicado a los datos de piedras y hojarasca de los sitios de estudio se pudo comprobar que de las diatomeas dominantes solo seis mostraron correlaciones positivas y significativas con ciertos parámetros fisicoquímicos (Cuadro XXVII). De estas *Cymbella turgidula* (Ctur) presentó mayor correlación con los sólidos totales disueltos (TSD) en las muestras de piedras (río Boquerón) con los sólidos totales suspendidos (TSS) en las muestras de hojarasca (río Boquerón) y con el calcio (Ca²⁺) en las muestras de hojarasca (río Chagres). Por su parte *Cymbella affinis* (Caff) se correlacionó positivamente con los sólidos totales disueltos para las muestras de piedras (río Boquerón) en tanto que *Cocconeis placentula* var *euglypta* (Cpla) mostró una fuerte relación positiva y significativa con los sólidos totales disueltos para las muestras de hojarasca (río Boquerón) y con los bicarbonatos (HCO₃⁻) y sodio (Na⁺) para las muestras de hojarasca (río Trinidad).

Geissleria schoenfeldii (Gsch) la especie de mayor abundancia en el río Chagres presento una fuerte correlación positiva y significativa con los nitratos solo para las muestras de piedras de este río. En cambio *Navicula incarum* (Ninca) mostro relacion con los nitratos (NO_3^-) para las muestras de hojarascas (río Chagres) y con los fosfatos (PO_4^{3-}) para las muestras de hojarascas (río Trinidad). Por ultimo *Navicula decussis* (Ndecu) registro alta correlacion con el sodio al analizar los datos de hojarasca (río Chagres)

(b) Análisis de Correspondencia Simple (ACS), para datos NEs y Es.

(b₁) Asociación de los parámetros biológicos con los sitios de estudio

Piedra

El análisis de correspondencia simple realizado para los datos de piedra NEs y Es mostro una relación de dependencia entre la abundancia de especies y los ríos estudiados. Esta relación se pudo apreciar al estudiar los gráficos para datos NEs y Es (Figs 54 y 55). En el río Boquerón, para ambos datos se evidencio que las especies dominantes y de mayor asociacion estuvieron representadas por *Amphora acutiuscula* (Aacu), *Cymbella affinis* (Caff) y *Cymbella turgidula* (Ctur). En cambio en el río Chagres las especies de mayor dominancia fueron *Fragilaria ulna* (Fuln), *Navicula decussis* (Ndecu) y *Geissleria schoenfeldii* (Gsch).

Por su parte en el río Trinidad para datos no estandarizados la mayor asociacion de especies se dió entre *Bacillaria paxillifer* (Bpax1), *Geissleria similis* (Gsim) y *Navicula schroeterii* (Nsch). En cambio para datos estandarizados la asociación de especies se

presentó entre *Bacillaria paxillifer* (Bpaxi), *Geissleria similis* (Gsim), *Navicula schroeterii* (Nsch), *Navicula tenelloides* (Ntene) y *Nitzschia palea* (Npale). En los datos de Piedra (NEs) las especies *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Cpla), *Navicula incarum* (Ninca) y *Navicula tenelloides* (Ntene) estuvieron distribuidas en los tres ríos, mientras que en los datos (Es), sólo las dos primeras especies se mantuvieron en asociación y estuvieron distribuidas en los ríos estudiados.

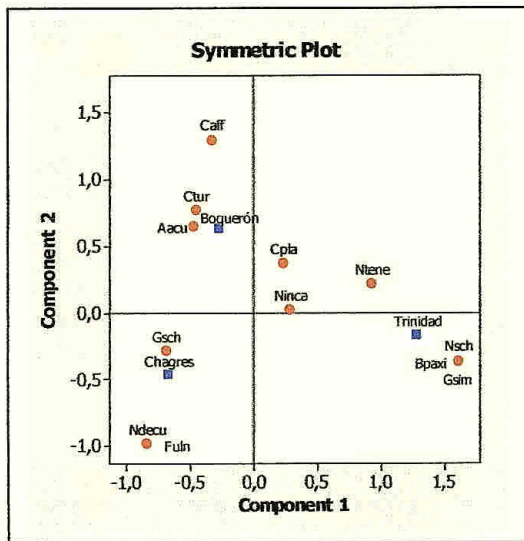


Fig. 54 Análisis de correspondencia simple piedra (NEs)

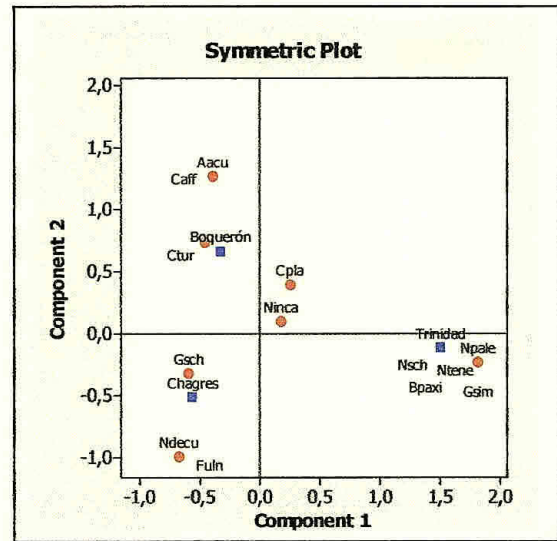


Fig. 55 Análisis de correspondencia simple piedra (Es).

- Hojarasca

Para los datos de hojarasca (NEs) y (Es) se presentó también una relación de dependencia entre la abundancia de especies y los ríos muestreados (Figs. 56 y 57). En el río Boquerón, para ambos datos, fue evidente la dominancia de las especies *Cymbella affinis* (Caff), *Cymbella turgidula* (Ctur), en cambio, *Amphora acutiuscula* (Aacu) solo se observó para los datos (NEs). En el río Chagres, para datos (NEs), las especies dominantes estuvieron representadas por *Navicula decussis* (Ndecu) y *Geissleria*

schoenfeldii (Gsch), mientras que para datos (Es) fueron incorporadas las especies *Fragilaria ulna* (Fuln) y *Navicula incarum* (Ninca).

En el río Trinidad, tanto para datos (NEs) como (Es) dominaron las especies *Bacillaria paxillifer* (Bpaxi), *Geissleria similis* (Gsim) y *Navicula tenelloides* (Ntene), solo fueron incorporadas en los datos (Es) *Navicula schroeterii* (Nsch) y por primera vez, *Achnanthes lanceolata* (Alan). La especie *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Cpla) en los dos tipos de datos, tuvo una distribución muy similar en los tres ríos estudiados.

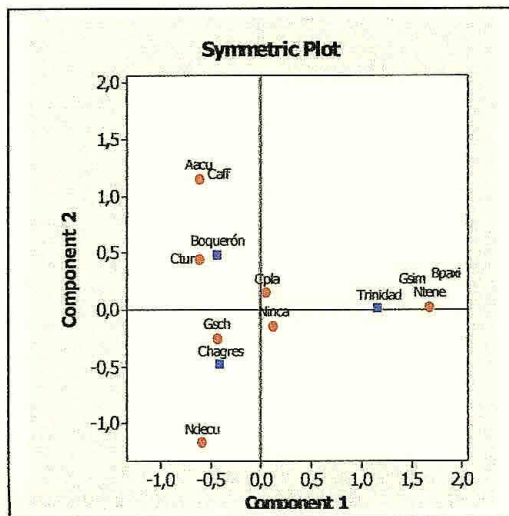


Fig. 56 Análisis de correspondencia Simple - hojarasca (NEs).

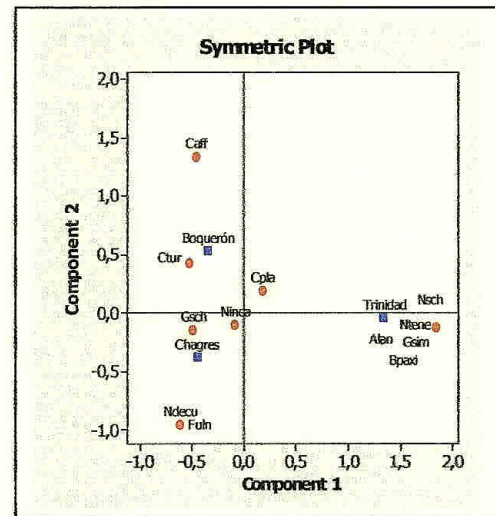


Fig. 57 Análisis de correspondencia simple - hojarasca (Es).

Para validar los resultados anteriores, se realizó un nuevo Análisis de Correspondencia Simple, que evidenció la asociación entre las especies dominantes de cada río con los sustratos naturales. En la Fig. 58 se observa que las especies dominantes en el río Boquerón y de mayor asociación con piedra y hojarasca, estuvieron representadas por *Amphora acutiuscula* (Aacu), *Cymbella affinis* (Caff) y *Cymbella turgidula* (Ctur).

En cambio, la diatomeas dominantes en los sustratos naturales del río Chagres fueron *Fragilaria ulna* (Fuln), *Geissleria schoenfeldii* (Gsch) y *Navicula decussis* (Ndecu). Por su parte, los taxa dominantes y de mayor asociación con piedra y hojarasca en el río Trinidad, estuvieron representados por *Bacillaria paxillifer* (Bpaxi), *Geissleria similis* (Gsim), *Navicula tenelloides* (Ntene) y *Navicula schroeterii* (Nsch).

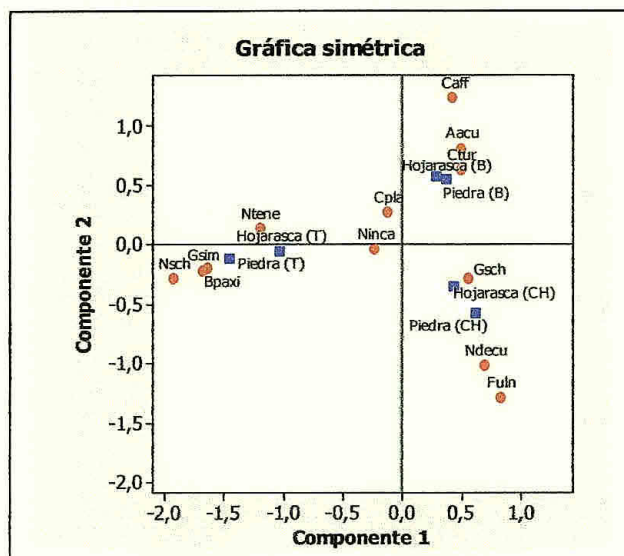


Fig. 58 Análisis de Correspondencia simple.
Especies vs Sustratos, por ríos.

(b₂) Asociación de los parámetros fisicoquímicos con los sitios de estudio.

- Lluviosa

El análisis de correspondencia simple aplicado a los datos fisicoquímicos de la temporada lluviosa (Fig. 59), mostró una relación de dependencia entre estos parámetros y los ríos en estudio. Para el caso de la temporada lluviosa, hubo mayor concentración de calcio (Ca^{2+}) y bicarbonatos (HCO_3^-) en el río Boquerón, mientras que en el río Chagres, hubo mayor concentración de nitratos (NO_3^-), sodio (Na^+), magnesio (Mg^{2+}) y sólidos

totales disueltos (TSD). Por su parte, en el río Trinidad, los parámetros de mayor concentración fueron los sólidos totales suspendidos (TSS), los fosfatos (PO_4^{3-}) y sulfatos (SO_4^{2-}).

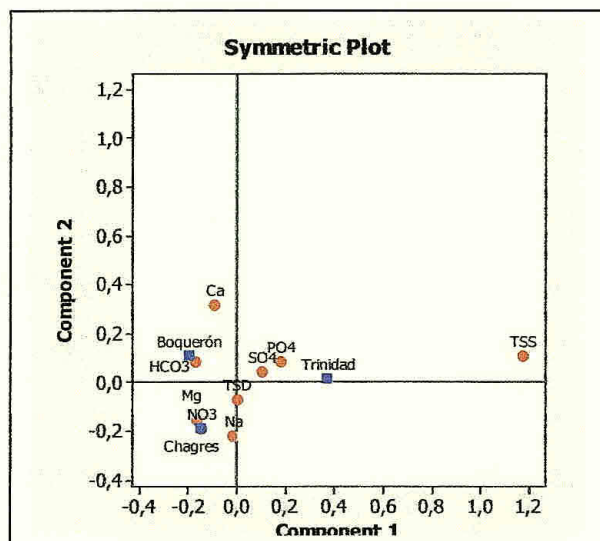


Fig. 59 Análisis de correspondencia simple, parámetros fisicoquímicos (T. lluviosa).

- Seca

El análisis de correspondencia simple realizado para los datos de la temporada seca (Fig. 60), indicó una relación de independencia entre los parámetros fisicoquímicos y los ríos estudiados. En el río Boquerón, los fosfatos (PO_4^{3-}), bicarbonatos (HCO_3^-) y el calcio (Ca^{2+}) fueron los parámetros de mayor concentración. En cambio, en el río Chagres tuvieron mayor concentración los nitratos (NO_3^-), y el magnesio (Mg^{2+}). Por su parte, en el río Trinidad, se presentaron en mayor concentración los sólidos totales suspendidos (TSS), los sulfatos (SO_4^{2-}) y sodio (Na^+). Los sólidos totales disueltos (TSD) estuvieron en mayor concentración en el río Boquerón, seguido de los ríos Trinidad y Chagres.

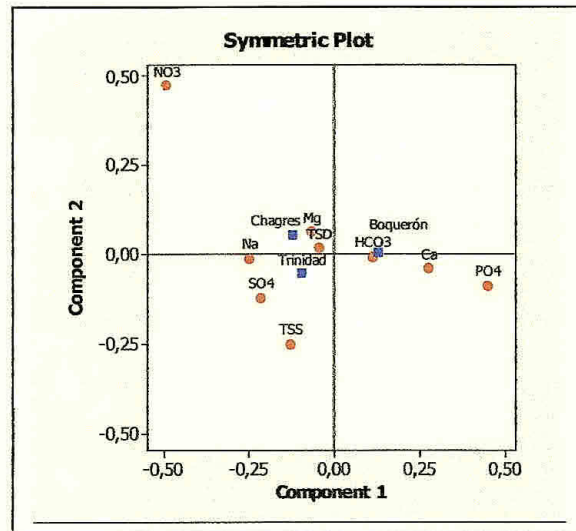


Fig. 60 Análisis de correspondencia simple, parámetros fisicoquímicos (T. seca).

DISCUSION

1 Caracterización física y química de los sitios de estudio

Para la caracterización física de los ríos se consideró el cálculo del valor crítico del factor erosivo $E(f)$ que permitió la determinación del estado de degradación de las subcuencas de los ríos Boqueron Chagres y Trinidad. Estos ríos son contrastantes en sus características físicas principalmente las relacionadas con la cobertura boscosa y la erosión. Al respecto en las subcuencas de los ríos Chagres y Boqueron, se mantuvo una gran cobertura boscosa, por ende una menor erosión del terreno. En cambio en la subcuenca del río Trinidad, la cobertura boscosa fue menor dado que los terrenos son utilizados para actividades agrícolas ganaderas y de deforestación (Autoridad del Canal de Panamá, 2006 b)

En relación a la química del río Allan y Castillo (2007) sostienen que ésta varía en el tiempo debido a la influencia de cambios estacionales en el régimen de la descarga, en los insumos vía precipitación y en la actividad biológica. Según estos autores la variación del flujo también tiene fuertes efectos sobre la concentración iónica. De acuerdo con la Autoridad del Canal de Panamá (2006 b) en cuanto al contenido de los cationes y aniones principales en los sitios de estudio las aguas del río Boqueron se clasificaron como cálcico-bicarbonatadas en tanto que las de los ríos Chagres y Trinidad, como sódico bicarbonatadas. En el presente estudio las aguas de los tres ríos se caracterizaron por ser alcalinas con buena oxigenación de moderada a alta conductividad y con contenidos de nitratos y fosfatos relativamente bajos.

En el río Trinidad, se presentó el valor más alto de turbidez (61.9 UNT) durante el mes de octubre coincidiendo con el incremento de los sólidos totales suspendidos. Estos últimos pudieron ser el resultado de la escorrentía superficial que provoca el arrastre de partículas de sedimento o de desechos producto de las actividades agrícolas que se desarrollan en las zonas próximas al río.

Durante las temporadas lluviosa y seca, se observaron variaciones en la temperatura de los tres ríos dándose incrementos principalmente en la temporada seca. Los valores de temperatura registrados en nuestros ríos favorecieron junto con el resto de los parámetros físicoquímicos el desarrollo de una diversa comunidad de diatomeas (157 taxa). En un estudio realizado por Michels et al. (2006) en Costa Rica, también se determinó una gran diversidad de esta microflora (212 taxa) a temperaturas que oscilaron entre los 23.7 °C y 34.1 °C. En Werner (1977) se señala que la mayoría de las especies en las zonas templadas parecen preferir temperaturas inferiores a los 30 °C y que un incremento en la misma, puede provocar un cambio en la estructura de la comunidad de diatomeas. En nuestro estudio, como no se realizaron pruebas experimentales, no conocemos los niveles de temperatura que pudieran afectar el mantenimiento de la comunidad de diatomeas.

De acuerdo con Patrick (1977) y Werner (1977) la temperatura ejerce un efecto directo e indirecto sobre el crecimiento de las diatomeas. Un incremento en la temperatura afecta la tasa de difusión de los químicos disminuyendo la cantidad de oxígeno del agua. Estos cambios en el medio donde viven las diatomeas pueden afectar su tasa reproductiva y metabolismo.

Otro factor que incide sobre la comunidad de diatomeas es el potencial de hidrógeno (pH) este permaneció básico permitiendo que se mantuvieran las formas de bicarbonatos en los ríos. A pH bajos la forma de carbono disponible para el crecimiento de las diatomeas es como dióxido de carbono (CO_2) o bicarbonatos (HCO_3^-) mientras que a pH altos predominan las formas de carbonatos (CO_3^{2-}). De acuerdo con Patrick (1977) En Werner (1977) el pH constituye uno de los factores que afecta el sistema 'buffer' carbonato bicarbonato y se ha encontrado que a pH por arriba o debajo de este sistema, el número de especies de diatomeas es relativamente poca.

En relación al oxígeno disuelto (OD) los valores oscilaron entre 7.63 mg/l y 9.6 mg/l en los tres ríos durante ambas temporadas lo cual es indicativo de buena actividad fotosintética y de una baja turbidez. Valores generalmente altos de oxígeno disuelto también fueron encontrados en algunos ríos de la Cuenca alta y medio del río Bogotá (Colombia) en un estudio realizado por Díaz Quirós y Rivera Rondon (2004) obedeciendo esto a la morfología del cauce la baja turbidez y la baja contaminación de la mayor parte de los ríos. Por su parte en el estudio de Michels et al (2006) en Costa Rica, también se reporta buenas condiciones de oxigenación en los ríos muestreados alcanzándose niveles de saturación. De acuerdo con la EPA (1986) el valor del oxígeno disuelto no debe estar por debajo de 5 mg/l como soporte adecuado para la vida acuática en las aguas dulces.

Del grupo de cationes dominantes en las muestras de aguas de los tres ríos el sodio (Na^+) presentó mayor concentración durante la temporada seca (enero-marzo). Las máximas concentraciones de sodio se registraron para los ríos Chagres y Trinidad,

obedeciendo quizás a las condiciones geológicas de las subcuencas al posible uso de fertilizantes a base de este catión, que podrían aplicarse en las actividades agrícolas o simplemente debido a una menor dilución. Las concentraciones de sodio obtenidas en nuestros ríos coinciden con los valores reportados para los ríos de América del Norte según Wetzel (2001 En Allan y Castillo 1007). Según este autor, este nutriente está naturalmente en las aguas superficiales, pero un incremento del mismo proviene de la disposición de aguas domésticas y efluentes industriales. Berner y Berner (1987 En Allan y Castillo 2007) estimaron que mundialmente aproximadamente un 28% del sodio en los ríos es de origen antropogénico. De los compuestos de sodio, el cloruro de sodio es una de las más importantes sales que limitan la distribución de las diatomeas. Por su parte, el magnesio se mantuvo en altas concentraciones en los ríos Chagres y Boquerón y junto con el calcio contribuyeron a la dureza del agua.

Por su parte, los sulfatos permanecieron en mayor concentración en el río Trinidad durante ambas temporadas. Es probable que debido al uso de la tierra para actividades agrícolas en este sitio provocara el aumento de este nutriente. De acuerdo con Patrick (1977 En Werner 1977) los sulfatos constituyen uno de los nutrientes requeridos para el metabolismo de las diatomeas y son comúnmente abundantes en las aguas duras. Se conoce que los sulfatos están presentes en forma natural en las aguas superficiales, pero las descargas industriales y la precipitación atmosférica pueden incrementar sus concentraciones en estas aguas (Universidad Nacional de Colombia, 2003).

Altos valores de sólidos totales disueltos se registraron en los tres ríos contribuyendo a una buena conductividad en estos sitios Sin embargo debemos destacar que los maximos valores se registraron en el rio Boquerón siendo el bicarbonato y el calcio los iones que mayormente contribuyeron a incrementar la concentración de estos sólidos y cuya presencia, puede provenir del desgaste y disolucion de la calcita o piedra caliza que contiene carbonato de calcio y que se encuentra en la subcuenca. De acuerdo con Allan y Castillo (2007) tanto los solidos totales disueltos como los constituyentes individuales varian considerablemente entre sitios debido a la variabilidad de los insumos naturales y antropogenicos

Dado que en el rio Boquerón se presentó alta concentración de solidos totales disueltos se produjo mayor conductividad Los valores de conductividad obtenidos en nuestra investigación coincidieron con el rango de conductividad (100 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) reportado por Michels et al (2006) y al cual se le atribuye junto con el pH la distribución de las especies de diatomeas de algunos ríos en Costa Rica. Segun Potapova y Charles (2003) las asociaciones de diatomeas pueden encontrarse distribuidas continuamente a lo largo de un gradiente de conductividad e iones principales De igual forma (Leland 1995 Carpenter y Waite 2000 En Potapova y Charles 2003) señalaron que el uso de la tierra en la agricultura suele a menudo incrementar la conductividad del agua y esos cambios se reflejan en las comunidades de algas

La mayor concentracion de sólidos totales suspendidos se presentó en el rio Trinidad, debido posiblemente a un incremento en la esorrentia superficial con la cual se dio el arrastre de particulas de sedimento o desechos originados de las prácticas agrícolas en la

zona. Los máximos valores de sólidos totales suspendidos se observaron durante la temporada lluviosa, principalmente en el mes de octubre contribuyendo con la mayor turbidez en este sitio. De acuerdo con Patrick (1977) En Werner (1977) los sólidos en suspensión constituyen uno de los factores más importantes que afectan el crecimiento de las diatomeas provocando disminución en la riqueza de los taxa. Estos sólidos en suspensión reducen la penetración de la luz al cuerpo de agua y de esta forma se dificulta el proceso fotosintético.

En términos generales en cada río los nutrientes esenciales como nitratos y fosfatos permanecieron relativamente bajos durante los meses de estudio excepto en octubre y noviembre donde se observó un incremento en la concentración de los nitratos quizás por efecto de la escorrentía en esa temporada. La baja concentración de nutrientes encontrados en la presente investigación, pudo obedecer a condiciones naturales de la subcuenca o menor impacto de las actividades agrícolas que se realizan en la zona. En Allan y Castillo (2007) se señala que en base a una revisión de las concentraciones de nutrientes en los ríos del mundo se encontró que en los sistemas naturales con pequeña influencia antrópica, las concentraciones de nitratos estuvieron por el orden de 0.1 mg/l mientras que las concentraciones de fosfatos fueron de 0.01 mg/l. Valores similares a los anteriores fueron obtenidos en los ríos de la Cuenca del Canal.

Considerando los valores guías para nitratos y fosfatos en aguas superficiales según la Agencia de Protección Ambiental de U S A (EPA, 1986) se encontró que estos nutrientes en los tres ríos de la Cuenca se mantuvieron dentro de los niveles permisibles.

obteniéndose mayores concentraciones de nitratos en los ríos Chagres y Boquerón mientras que de fosfatos en Boquerón y Trinidad. Estos nutrientes químicos son utilizados por las diatomeas en cantidades variables. Algunas diatomeas oligotróficas parecen preferir cantidades muy bajas de nitratos y fosfatos mientras que las que viven en condiciones eutroficas prefieren mayores concentraciones de estos nutrientes. De acuerdo con Patrick (1977 En Werner 1977) la sucesión estacional de las diatomeas es a menudo atribuible a cambios en las concentraciones de nutrientes en el agua, junto con cambios en otros factores ecológicos.

2 Eficiencia del método (Curvas de rarefacción)

Al evaluar la eficiencia del método al comparar los tres ríos a través del análisis de las curvas de rarefacción se demostró que no se obtuvo la muestra representativa en ninguno de los ríos. Esto pudo obedecer a las pocas muestras colectadas y al limitado del tamaño de la muestra a contar (300 valvas). En el caso de Trinidad la presencia de una comunidad más diversa pudo promover la mayor inclinación de la curva haciéndose más difícil alcanzar la muestra representativa. Por otro lado la menor diversidad de la comunidad de diatomeas en Boquerón y Chagres pudo incidir en que la curva presentara menor inclinación. Pappas y Stoermer (1996) en sus estudios sobre algas condicionaron la máxima eficiencia a la menor probabilidad de encontrar nuevas especies o sea un conteo representativo.

Al comparar los dos tipos de sustratos para datos NEs se demostró en las muestras de piedras mayor tendencia para alcanzar la muestra representativa (asintota) Es decir que la probabilidad de encontrar nuevas especies en este sustrato fue menor que en la hojarasca, por ende se alcanzó mayor eficiencia en piedra. Esto se evidencio con mayor claridad en las curvas de piedra de Boquerón y Chagres durante ambas temporadas En cambio para Trinidad (temporada lluviosa) el método no se consideró tan eficiente al observar que las curvas de piedra y hojarasca no mostraron la tendencia asintótica

Durante la temporada seca, al incluir un muestreo adicional en abril se aumentó el numero de muestras en este río por lo que se logro por primera vez observar una tendencia hacia la muestra representativa (asintota) En el caso de los datos Es fue más marcado el muestro eficiente en piedra para los tres rios considerando ambas temporadas

En base a los resultados obtenidos se hace necesario incrementar el numero de muestras de piedras y hojarasca, así como el conteo de valvas de diatomeas para alcanzar la muestra representativa. En este sentido es probable que un aumento en el numero de piedras (cinco diez) basándonos en Taylor et al (2007) y adicionar cinco hojas más por muestra, permita lograr el objetivo Al incrementar el conteo a cuatrocientas valvas de diatomeas por muestra, se observo que las curvas de rarefaccion se estabilizaron y se logro alcanzar la eficiencia del método

3 Estructura de la comunidad

La comunidad de diatomeas en los sitios de estudio estuvo integrada por ciento cincuenta y siete (157) especies siendo la mayoría cosmopolita. Sin embargo algunas especies como *Cymbella turgidula* Grunow *Cymbella tumida* (Bréb) Van Heurck y *Fragilaria goulardii* (Breb) Lange Bertalot, han sido reportadas para áreas tropicales por Silva Benavides (1996) La comunidad de diatomeas se desarrolló en dos sustratos naturales piedras (inorgánico) y hojarasca (organico) y se caracterizó por la presencia de especies móviles y no móviles Dentro de estas últimas hubieron formas de crecimiento postrado (paralelo al sustrato) adnado erectas (perpendicular al sustrato) y coloniales Es conocido que las algas muestran un amplio rango de estructuras morfológicas que les permite adaptarse a una gran diversidad de hábitats y sustratos Por lo tanto de acuerdo con Hoagland et al (1982) es a través de secreciones mucilaginosas organizadas en pedunculos almohadillas o tubos como las diatomeas logran su adhesión al sustrato

Dado que el estudio fue descriptivo no podemos probar que las variaciones de riqueza entre piedra y hojarasca, en Boquerón y Chagres se debieran a una especificidad por el sustrato Aunque Round (1981 En Potapova y Charles 2005) señaló que la composición de las comunidades de algas muestreadas en el mismo sitio pero de diferentes sustratos a menudo difieren debido a que algunas especies están mejor adaptadas a un microhábitat que a otro Además la abundancia de algas también varía con el tipo de sustrato (Stevenson y Hashim 1989 Sabater et al 1998 En Potapova y Charles 2005) Según Sanchez (2004) al comparar las comunidades de diatomeas en el sustrato artificial (portaobjeto) y en los sustratos naturales (piedra y hojarasca) se determinó mayor riqueza

de especies en los portaobjetos mientras que la hojarasca presentó el menor número de especies en todo el estudio. Esto pudo obedecer a las preferencias que tienen las especies de diatomeas por determinados tipos de sustratos artificiales (vidrio, madera, plástico, etc). Al respecto, Robinson (1983) sugiere que la superficie lisa del sustrato artificial como el vidrio puede permitir una colonización selectiva de especies algales. De acuerdo con Sánchez, otra razón que explicaría las diferencias encontradas entre el sustrato artificial y el natural sería el tiempo de exposición en el medio, lo que determinaría la estructura de la comunidad que se establece en los mismos. Al comparar piedra y hojarasca en el estudio de Sánchez, se observó mayor riqueza en piedra. Estos resultados contrastan con los obtenidos en la presente investigación.

Se conoce que las propiedades físicas del sustrato influyen significativamente en el desarrollo de las comunidades de algas, principalmente las relacionadas con la textura, orientación del sustrato, tamaño del sustrato y estabilidad, ya que favorecen el incremento en la adhesión de las células (Sekar et al. 2004, Scardino et al. 2006). En Murdock y Dodds (2007) y la protección contra el arrastre y presión de los ramoneadores (grazers) [Dudley y D. Antonio 1991, En Murdock y Dodds (2007)]. A pesar de que la hojarasca no se considera un sustrato tan estable como las piedras, la textura y el grado de acondicionamiento de las mismas parecieron favorecer el desarrollo de diatomeas en Boquerón y Chagres.

En Trinidad se observaron los máximos valores de riqueza tanto en piedras como hojarasca, presentándose diferencias significativas entre este río con Boquerón y Chagres al aplicar la prueba de Mann-Whitney. Ambos sustratos estuvieron representados en su

mayoría, por especies raras posiblemente oportunistas y algunos taxa dominantes. Dado que las muestras provenían de sustratos localizados en el borde del río donde el impacto de la corriente era menor que la observada en Boquerón y Chagres es probable que se produjera una mayor inmigración de especies. Se conoce que la actividad de inmigración de diatomeas puede estar relacionada con las características morfológicas de éstas (Stevenson y Peterson 1989 En Acs y Kiss 1993). Aunado a esto se presentó mayor aporte de materia orgánica gruesa (hojarasca) que en Boquerón y Chagres contribuyendo como sustrato y fuente de nutrientes. Dado que en el sitio de colecta se presentó mayor cobertura vegetal en las orillas esto pudo favorecer el desarrollo de especies adaptadas a sombras.

En relación a la estacionalidad la mayor riqueza de especies de cada río se observó durante la temporada lluviosa, a pesar del incremento en caudal y velocidad de corriente. Se conoce por los estudios de Rott and Pfister (1988 Aboal et al 1996 En Bojorge y Cantoral 2007) que la velocidad de corriente constituye una fuerza física directa que experimentan los organismos afectando la disponibilidad de recursos al contribuir al movimiento de los nutrientes al aporte de materia orgánica lo que influye en su distribución río abajo. Por su parte Bojorge y Cantoral (2007) señalan que la descarga (volumen de agua que pasa por un punto en un tiempo determinado) afecta principalmente la disposición de hábitats el movimiento de los sustratos y la disponibilidad de los nutrientes en el sistema.

En general los factores anteriormente mencionados pudieron incidir en menor grado sobre las comunidades de diatomeas que habitaban en las orillas de los ríos. Quizás al

darse allí una corriente moderada, se dio mayor contacto entre los nutrientes de la columna de agua y las microalgas y menor arrastre de células desde los sustratos. Es posible también que durante esta temporada se presentara una disminución en las poblaciones de insectos acuáticos favoreciendo el incremento de esta microflora. Esto obedece a que durante el periodo lluvioso la velocidad de corriente provoca el arrastre de insectos acuáticos que tienen como fuente de alimento a este grupo de algas. Esta disminución ha sido comprobada anteriormente en Panama (Arauz et al 2000, Garcia 2004, Arias y Andrade 2004 y Aguila, 2005 a b).

La comparación de los dos sustratos por mes dentro de cada río reveló que en las muestras de hojarasca principalmente se registró un mayor número de especies de diatomeas durante los meses de octubre y noviembre (2005) para los tres ríos. Siendo significativa la diferencia entre la riqueza de especies de ambos sustratos en el río Chagres de acuerdo con la prueba de Mann Whitney. Debemos destacar que es probable que durante la temporada lluviosa un incremento en el transporte de nutrientes aunado a un mayor grado de acondicionamiento del sustrato (degradación de la hojarasca por acción de bacterias y hongos) pudiera favorecer la riqueza de especies. Es posible también que se diera una disminución de los ramoneadores (grazers) debido al arrastre de la corriente permitiendo un mayor establecimiento de las diatomeas.

A través de los análisis de conglomerados (Cluster) aplicados a las muestras de los tres ríos se demostró mayor similitud taxonómica entre las muestras de Boquerón y Chagres tanto para piedras como hojarasca (por separado). Además de que esta similitud se observó durante ambas temporadas de colecta, considerando los datos NEs y Es. Es

posible que la naturaleza de los sustratos (piedras y hojarasca) así como las características físicas (iluminación en el sitio de colecta) químicas (sólidos totales suspendidos) e hidráulicas (velocidad de corriente) promovieran una microflora más semejante que la encontrada en Trinidad, el cual presenta una subcuenca más intervenida.

La comparación de los dos sustratos mediante la utilización del análisis de conglomerados evidenció una mayor similitud taxonómica entre las muestras de piedra y hojarasca de un mismo río. Esto es posible dado que por lo general ambos estuvieron sujetos a las mismas condiciones físicas y químicas del medio. De acuerdo con Bojorge y Cantoral (2007) se debe considerar las características macroestructurales (configuración) de los sustratos toda vez que pueden afectar el establecimiento, crecimiento y distribución de las algas, por ende pueden influir en la riqueza y abundancia de las diatomeas.

Utilizando este mismo análisis y comparando los dos sustratos entre ríos y por temporada observamos que en la temporada lluviosa, se demostró la mayor similitud en las muestras de Chagres y Boquerón, toda vez que los taxa dominantes fueron los mismos en estos ríos. En la temporada seca, se observó el mismo patrón en relación a mantenerse separados los datos de Boquerón, Chagres y Trinidad. Sin embargo, en esta ocasión fue evidente la mayor similitud en las muestras de Trinidad, que mantuvo una microflora dominante diferente a la encontrada en Boquerón y Chagres. Las semejanzas y diferencias observadas entre los sustratos posiblemente fueron el resultado de múltiples factores que intervinieron directa o indirectamente sobre las comunidades de diatomeas.

Al respecto Bojorge y Cantoral (2007) sostienen que los factores ambientales y microambientales son importantes y a veces limitantes para el desarrollo de las comunidades de algas en los ríos

El índice de Shannon Weaver (H) permitió determinar la mayor diversidad de especies en las muestras de piedra y hojarasca del río Trinidad, considerando ambas temporadas y los datos NEs y Es. Posiblemente debido a lo limitado del número de muestras colectadas y al conteo de 300 valvas se obtuvo un valor muy bajo de este índice si comparamos nuestros resultados con los obtenidos por Michels et al (2006) en ambientes perturbados en Costa Rica. De incrementarse las muestras y el conteo de valvas podría esperarse mayor riqueza específica y un posible aumento en el valor del índice Shannon Weaver

La mayor diversidad de especies en Trinidad, podría significar que la toma de muestras de piedra y hojarasca en este río haya coincidido con la fase final de desarrollo de la comunidad, dado que las especies estuvieron representadas por pocos individuos por lo tanto poca dominancia. Estos resultados coinciden con el estudio de Sánchez (2004) quien obtuvo mayor porcentaje de especies de pocos individuos en los sustratos piedra y hojarasca. Sournia (1982 En Martínez y Donato 2003) en sus estudios de fitoplancton marino resalta que la diversidad es baja en la fase inicial del desarrollo y alta en la fase final. Estos resultados podrían de alguna manera, ser extrapolados a la comunidad de diatomeas de nuestro estudio

En Boqueron y Chagres se determinó la menor diversidad de diatomeas presentandose un valor de Shannon Weaver muy por debajo de lo obtenido para Trinidad, lo que reafirma lo sustentado con relacion a las curvas de rarefaccion De acuerdo con Van Dam (1982) se predice un descenso en la diversidad al incrementarse la contaminacion, las especies intolerantes a la contaminación declinan en abundancia y las especies tolerantes pueden crecer rapidamente sin competencia por espacio nutrientes u otros recursos Dado lo limitado del diseño muestral no podemos probar que esta situacion se haya presentado en el Chagres pero podemos considerar lo que se afirma en el trabajo de Ward y Tockner (2001) con respecto a que una baja diversidad de especies tambien suele ocurrir frente a muy bajos niveles de perturbación (Hipótesis de la Perturbacion Intermedia, Connell 1978) Esto si tomamos en cuenta que el Chagres resulto menos degradado al utilizar el indice de diagnóstico físico conservacionista.

Para determinar dentro de la comunidad de diatomeas las especies dominantes en los rios se utilizo el indice de Simpson (D) para ambos sustratos y datos NEs y Es Este indice es inversamente proporcional al indice de Shannon Weaver en el sentido de que a mayor dominancia de diatomeas en nuestros rios se observo menor diversidad y viceversa. Mediante este indice se mostro la mayor dominancia de especies en el rio Chagres toda vez que *Geissleria schoenfeldii* presento el mayor numero de individuos Esta especie pudo estar adaptada a las condiciones hidrológicas del rio dado que los valores promedio de caudal y velocidad de corriente fueron un poco más elevados que en Boquerón y Trinidad Es posible que al estar los sustratos sujetos a las mismas

condiciones físicas y químicas del medio se mantuviera en ambos el mismo tipo de microflora dominante

Durante los siete meses del estudio las especies comunes y de mayor abundancia en las muestras de piedras y hojarasca de Boqueron y Chagres estuvieron representadas por *G. schoenfeldii* (Hustedt) Lange Bertalot y Metzeltin, *N. incarum* Lange Bertalot y Rumrich y *C. placentula* var *euglypta* (Ehr.) Grunow. Sin embargo se observó una tendencia en *G. schoenfeldii* y *N. incarum* de dominar en la temporada lluviosa. Esto pudo obedecer a que durante esta temporada, al incrementarse el caudal y la velocidad de corriente se produjera mayor aporte de nutrientes al medio favoreciendo el crecimiento de estas microalgas y/o se contribuyera al arrastre de sus posibles depredadores. No se conoce sobre los requerimientos de luz de estas dos microalgas pero parecieran estar adaptadas a condiciones de menor intensidad de luz, lo cual prevalece durante la temporada lluviosa.

Por su parte *Cocconeis placentula* var *euglypta* mostró mayor abundancia hacia la temporada seca, donde el nivel de caudal y la velocidad de corriente fueron más bajos. Se conoce que varias especies de *Cocconeis* son consideradas típicas colonizadoras primarias de rápida multiplicación (Korte y Blinn 1983 En Winterbourn, 1990) y dado su pequeño tamaño podrían ser especies de estrategias *r* (Southwood 1976 En Van Dam, 1982). Debido a que esta especie se mantiene fija al sustrato es poco afectada de ser arrastrada por la corriente y consumida por los ramoneadores (grazers) [Hill & Knight 1988b En Winterbourn 1990]. En cuanto a los requerimientos de luz, se conoce que la especie está adaptada a condiciones de sombra, toda vez que se encuentra en la base de la

película biológica (perifiton) desarrollada en piedras y hojarasca. Se conoce que la deficiencia de luz (Kawencka 1986 En Gaglioti 1992) promueve el desarrollo de *Achnanthes lanceolata* y *Cocconeis placentula*

El resto de las diatomeas dominantes durante los siete meses de estudio en Boqueron y Chagres fueron especies de menor fijación al sustrato que *Cocconeis* por lo que podrían ser más susceptibles al arrastre de la corriente y a la presión de los ramoneadores (grazer). Al ser formas de crecimiento erecto presentan mayor requerimiento de luz que las formas adnadas

La microflora dominante en las muestras de piedras y hojarasca en Trinidad estuvo constituida por *Geissleria similis* (Krasske) Lange Bertalot y Metzeltin *Navicula incarum* *Cocconeis placentula* var *euglypta* *Navicula tenelloides* Hustedt, *Navicula schroeteri* Meister *Bacillaria paxillifer* (Müller) Hendey *Nitzschia palea* (Kützinger) Smith y *Achnanthes lanceolata* (Bréb.) Grunow. Las especies que dominaron en Trinidad, han sido en su mayoría reportadas en ambientes perturbados por actividades antrópicas. De este grupo *Nitzschia palea* *Navicula incarum* y *Geissleria similis* se han encontrado en ambientes con altas cargas de sedimentos (Michels et al. 2006) mientras que *Navicula schroeteri* y *Navicula tenelloides* han sido registradas por Lange Bertalot (2001) como tolerantes a contaminación orgánica.

Hacia la orilla de este río donde se colectaron las muestras de piedras y hojarasca se observó menor corriente que en Boqueron y Chagres lo que pudo favorecer la inmigración de diatomeas. Sin embargo la comunidad estuvo expuesta a la turbidez, lo

cual pudo afectar el numero de individuos de cada especie Segun los estudios de Chandler 1942 En Kawecka, 1980) la turbidez afectó el desarrollo de las poblaciones de diatomeas al observar un descenso en la abundancia de cada especie De igual forma, Patrick (1977 En Werner 1977) encontró que en rios ricos en nutrientes pero turbios no se observaba el desarrollo de diatomeas

Al comparar los taxa dominantes de piedras y hojarasca, para datos NEs y Es se demostro la no existencia en términos cualitativos de una especificidad por el sustrato dado que la gran mayoria de estas especies parecieron estar adaptadas a los dos tipos de microhábitats Aunado a esto las diatomeas dominantes estuvieron presentes en todos los meses de estudio presentando variaciones en abundancia durante las temporadas lluviosa y seca. Esto sugiere que es posible que estas variaciones estén vinculadas a factores microambientales y dependiendo de las características morfológicas y fisiológicas de estas microalgas se lograra la subsistencia y el mantenimiento dentro de la comunidad

Al analizar los datos de piedras y hojarasca de cada rio se determinó que no se presentaron diferencias con relación a los taxa dominantes mas bien se evidenció diferencias en cuanto a su abundancia mensual Se estimo un incremento en el numero de valvas en piedras toda vez que algunos taxa estuvieron mejor representados durante los meses de octubre diciembre y enero y otros en el mes de marzo En cada rio los taxa dominantes no mostraron especificidad por el sustrato lo que sugirió que estos pudieran estar adaptados a las características morfológicas de ambos microhábitats La diferencia en la abundancia mensual de los taxa pudo obedecer a posibles cambios en el régimen de caudal velocidad de corriente y la presencia/ausencia de los ramoneadores (grazers)

4 Correlación de Rangos de Spearman

El Análisis de Correlación de Rangos de Spearman demostró que del total de especies dominantes en cada río solo pocas diatomeas mantuvieron correlaciones positivas y significativas con algunos parámetros fisicoquímicos. Dependiendo de la especie y del tipo de sustrato (orgánico e inorgánico) se mostraron variaciones en los valores del coeficiente de correlación dado que algunas especies presentaron mayor relación con unos parámetros que con otros. Valores elevados del coeficiente de correlación se observaron para los datos de nitratos, fosfatos y calcio, los cuales constituyen nutrientes esenciales para el crecimiento, movilidad y adhesión de las diatomeas. Mediante este tipo de análisis se logró comprobar la existencia de correlación entre las variables, sin embargo, no podemos afirmar categóricamente que las variaciones en abundancia de las especies sean causadas solamente por los factores fisicoquímicos.

Para tener una visión más precisa de las relaciones entre las comunidades de diatomeas y las variables ambientales, será necesario desarrollar posteriormente un Análisis de Correspondencia Canónico. De acuerdo con Ter Braak (1986), el Análisis de Correspondencia Canónico es una técnica que permite a los ecólogos relacionar la abundancia de especies con las variables del entorno.

5 Análisis de Correspondencia Simple (ACS)

De acuerdo con los resultados obtenidos es probable que la asociación de diatomeas con estos sitios estuviera relacionada con los principales parámetros fisicoquímicos con la calidad del agua y los ramoneadores (grazers). En este sentido según la Autoridad del Canal de Panamá (2006 b) la calidad del agua de los ríos Boquerón, Chagres y Trinidad es buena tanto para el abastecimiento de agua potable, uso recreativo y soporte de vida acuática.

El análisis de correspondencia simple aplicado a los datos fisicoquímicos evidenció una fuerte asociación de algunos parámetros con ciertos ríos en particular. Diversas causas podrían provocar la variación en la composición del agua de los ríos. En este sentido, Allan y Castillo (2007) sostienen que la disolución de las rocas es comúnmente el determinante principal de la química del agua, pero éste varía con la geología y con la magnitud de los insumos vía precipitación, actividad volcánica y contaminación.

De acuerdo con el análisis mencionado, los iones alcalinos de mayor peso en las aguas superficiales estudiadas fueron calcio, magnesio, sodio y potasio. De estos se conoce que el calcio es importante en el sistema buffer carbonato bicarbonato. Además influye en la movilidad de las diatomeas (Cohn y Dispart, 1994; En Potapova y Charles, 2003) y en la adhesión a las superficies (Cooksey y Cooksey, 1998; En Potapova y Charles, 2003). Los valores más altos de calcio y bicarbonatos se registraron en el río Boquerón. Con relación a esto último, Allan y Castillo (2007) señalaron que altas concentraciones de bicarbonatos son indicativos de aguas fértiles.

Son multiples los factores que pueden incidir de manera directa e indirecta sobre la comunidad de diatomeas a diferentes escalas por lo que se requieren mas investigaciones encaminadas a brindar suficiente información sobre los aspectos ecologicos de este grupo de algas en nuestros ríos de tal manera que en un futuro próximo las diatomeas puedan ser utilizadas con propiedad como bioindicadores en los programas de vigilancia y mantenimiento de la calidad del agua.

CONCLUSIONES

- Las aguas de Boqueron, Chagres y Trinidad se caracterizaron por ser alcalinas con buena oxigenación, de moderada a alta conductividad y con contenidos relativamente bajos de nitratos y fosfatos. Los valores de turbidez se presentaron más elevados en el río Trinidad.
- Al evaluar la eficiencia del método se comprobó una mayor tendencia para alcanzar la muestra representativa en los datos NEs de piedra, principalmente de Boqueron y Chagres durante ambas temporadas. Para datos Es fue más eficiente el muestreo en piedra para los tres ríos durante ambas temporadas.

La estructura de la comunidad de diatomeas estuvo representada por 157 especies siendo la mayoría cosmopolita. Con formas de crecimiento adnado, erectas y coloniales.

La mayor riqueza de especies en cada río se observó durante la temporada lluviosa. Los máximos valores de riqueza se presentaron en el río Trinidad tanto en las muestras de piedra como hojarasca.

Al comparar los dos sustratos por mes dentro de cada río se encontró mayor número de especies de diatomeas en hojarasca, principalmente en los meses de octubre y noviembre del 2005.

Los análisis de conglomerados (Cluster) demostraron la mayor similitud taxonómica entre las muestras de piedras y hojarasca de un mismo río y entre las muestras de piedras y hojarasca de Boquerón y Chagres durante ambas temporadas de colecta.

- El índice de Shannon Weaver (H) confirmó la mayor diversidad de diatomeas en las muestras de piedra y hojarasca del río Trinidad, considerando ambas temporadas. Por su parte, el índice de Simpson (D) mostro la mayor dominancia de especies en el río Chagres para ambos sustratos.
- Durante los siete meses de estudio, las especies de mayor abundancia en piedras y hojarasca de Boquerón y Chagres (NEs) estuvieron representadas por *Geissleria schoenfeldii*, *Navicula incarum*, *Cocconeis placentula* var *euglypta*, *Cymbella affinis*, *Cymbella turgidula*, *Navicula decussis* y *Fragilaria ulna*. Se observó una mayor tendencia de *G. schoenfeldii* y *Navicula incarum* a dominar en la temporada lluviosa y de *C. placentula* var *euglypta* a dominar en la temporada seca. Para datos Es se observó a *Fragilaria ulna* en las muestras de hojarasca en Chagres.

La microflora dominante en las muestras de piedras y hojarasca en Trinidad (NEs) estuvo constituida por *Geissleria similis*, *Navicula incarum*, *Cocconeis placentula* var *euglypta*, *Navicula tenelloides* y *Bacillaria paxillifer*. Para datos Es se registró a *Achnanthes lanceolata* y *Navicula schroeteri* en las muestras de hojarasca, mientras que *Nitzschia palea* se presentó en las muestras de piedra. Estas especies han sido en su mayoría reportadas en ambientes perturbados por actividades antropicas.

Al comparar los taxa dominantes en piedras y hojarasca, se hizo evidente que no existió en términos cualitativos una especificidad por el sustrato. Las diatomeas dominantes estuvieron presentes en todos los meses de estudio, presentando variaciones en abundancia durante las temporadas lluviosa y seca.

- El análisis de correspondencia simple permitió una mejor visualización de la asociación de diatomeas con los sitios de estudio. De las cinco especies dominantes algunas estuvieron distribuidas en dos de los tres ríos mientras que otras constituyeron una microflora muy particular dentro de cada río.

El Análisis de Correspondencia Simple aplicado también a los datos físicoquímicos evidenció una fuerte asociación de algunos parámetros con ciertos ríos en particular. Por ejemplo, valores más altos de *calcio* y *bicarbonatos* se registraron en el río Boquerón, mientras que las mayores concentraciones de *sodio* se dieron en los ríos Chagres y Trinidad. Por su parte, el *magnesio* se mantuvo en altas concentraciones en los ríos Chagres y Boquerón. Los máximos valores de *nitratos* se registraron en los ríos Chagres y Boquerón, mientras que los *fosfatos* dominaron en Boquerón y Trinidad.

Los sulfatos y los sólidos suspendidos totales se presentaron en mayor concentración en el río Trinidad. En tanto que los sólidos disueltos totales fueron los parámetros físicoquímicos de mayor concentración en los tres ríos.

- El Análisis de Correlación de Rangos de Spearman, demostró relaciones positivas y significativas entre las diatomeas dominantes y los parámetros físicoquímicos (sólidos totales disueltos, sólidos totales suspendidos, bicarbonatos, calcio, sodio, nitratos y fosfatos).
- Para obtener una relación más precisa entre las comunidades de diatomeas y las variables ambientales será necesario la aplicación del Análisis de Correspondencia Canónico (ACC).

Dependiendo de la especie y del tipo de sustrato se mostraron altas correlaciones con los nitratos, fosfatos y el calcio.

- Es probable que la muestra representativa se alcance al aumentar el numero de piedras de cinco a diez y cinco hojas mas por muestra. El conteo de diatomeas debe incrementarse a cuatrocientas valvas para lograr la eficiencia del método

RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuros estudios similares establecer diferentes sitios de muestreo considerando las cabeceras tramos medios y bajos lo que permite tener una visión más amplia de la variación de la comunidad de diatomeas a lo largo del río

Es indispensable aumentar el número de muestras e incrementar el número de valvas a contar para obtener mayor aproximación a la muestra representativa y conocer la diversidad de diatomeas del área estudiada.

Se podrían utilizar sustratos artificiales para evitar la heterogeneidad espacial y establecer posibles semejanzas o diferencias con la estructura de la comunidad que colonizan los sustratos naturales

- Para establecer relaciones precisas entre la comunidad de diatomeas y los parámetros físicoquímicos sería recomendable utilizar el Análisis de Correspondencia Canónico
- Múltiples factores inciden sobre la estructura de la comunidad de diatomeas por lo que se requiere de más investigación ecológica de este grupo de microalgas para poder utilizarlas como bioindicadores en los programas de vigilancia y mantenimiento de la calidad del agua en nuestra región

BIBLIOGRAFÍA CITADA

ACS E and KISS K T 1993 Colonization processes of diatoms on artificial substrates in the River Danube near Budapest (Hungary) *Hidrobiologia* 269/270 307 315

AGUILA, Y 2005 a Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en sitios selectos de la Cuenca del Canal Informe de Investigacion VIP 01 04 00 03 1998-40 Universidad de Panamá.

AGUILA Y 2005 b Descripción de la comunidad de insectos acuáticos asociados a hojarasca colectadas en Rio Indio Miguel de la Borda y Coclé del Norte (ROCC) en temporada lluviosa y seca. Informe de Investigacion VIP 01 90 50 00 2005 08 Universidad de Panama.

ALLAN J D and CASTILLO M M 2007 Stream ecology Structure and function of running waters Second Edition Published by Springer 436 pags

ARAUZ B AMORES R y MEDIANERO E 2000 Diversidad y distribución de insectos acuáticos a lo largo del cauce del Rio Chico (Provincia de Chiriqui Republica de Panamá) *Scientia* 15(1) 27-45

ARIAS G C C y ANDREVE D J L 2004 Estudio de las comunidades de insectos acuáticos en tres ríos de la Región Occidental de la Cuenca del Canal (ROCC) Tesis Universidad de Panama, Panamá 56 págs

AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMA 2006a. Informe de Calidad de Agua de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, 2003 2005 Departamento de Seguridad y Ambiente División de Administración Ambiental Sección de Manejo de Cuenca, Unidad de Calidad de Agua. Vol I 196 págs

AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMA 2006b Informe de Calidad de Agua de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panama, 2003 2005 Departamento de Seguridad y Ambiente División de Administración Ambiental Sección de Manejo de Cuenca, Unidad de Calidad de Agua. Vol II 231 págs

AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMA 2008 Informe de Calidad de Agua de la Cuenca del Canal 2007

BATTARBEE R W 1986 Diatom Analysis In Berglund BE (ed) Handbook of Holocene Paleoecology and Paleohydrology John Wiley and Sons Ltd Chichester Great Britain pp 527 570

BRAY J R. and CURTIS J T 1957 An ordination of the upland forest communities of southern Winsconsin *Ecol Monographs* 27 325 349

BERGEY E A 2005 How protective are refuges? Quantifying algal protection in rock crevices *Freshwater Biology* 50 1163 1177

BIODAP Statistical Software Ecological Diversity and its measurement

BOJORGE G M G y CANTORAL U E A 2007 Estructura comunitaria de diatomeas asociadas a talos de *Prasiola mexicana* (Chlorophyta) en el río Magdalena, D F *Hidrobiologica* 17(1) 11 24

BURKHOLDER, J M 1996 Interactions of benthic algae with their substrata En Stevenson R J Bothwell M L and Lowe R L 1996 *Algal Ecology Freshwater Benthic Ecosystems* Academia Press 749 páginas

CASAL A F A 1994 Descripción numerica y contribución al conocimiento del epifitismo diatomológico en *Hydrilla verticillata* L. Boyle (Hydrocharitaceae) Tesis Universidad de Panamá, Panamá. 182 págs

CASTILLO G M Y y ROBLES E 1991 Contribucion al conocimiento del microplancton limnético en el Lago Gatun, Panamá. Tesis Universidad de Panamá, Panama. 159 pags

CONNELL J 1978 Diversity in tropical rainforests and coral reefs *Science* 199 1302 1310

CUMMINS K W and KLUG M J 1979 Feeding ecology of stream invertebrates *Ann Rev Ecol Syst* 10 147 172

DeNICOLA D M HOAGLAND K D and ROEMER, S C 1992 Influences of canopy cover on spectral irradiance and periphyton assemblages in a prairie stream *J N Am Benthol Soc* 11(4) 391-404

DÍAZ QUIRÓS C Y RIVERA RONDÓN C A 2004 Diatomeas de pequeños ríos Andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales *Caldasia* 26(2) 381 394

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) 1986 Quality criteria for water Office of water regulations and standards Washington, DC 20460

GAGLIOTI P V 1992 Variación espacial y estacional en la estructura de las comunidades de diatomeas epilíticas de un arroyo andino Su relacion con factores abioticos *Ecologia Austral* 2 77 86

GARCIA M A N 2004 Estudio sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a hojarasca en ecosistemas lóticos contrastantes Tesis Universidad de Panamá, Panamá

HAGEN E M WEBSTER, J R and BENFIELD E F 2006 Are leaf breakdown rates a useful measure of stream integrity along a agricultural landuse gradient? *J N Am Benthol Soc* 25(2) 330 343

HANSSON L A 1992 Factors regulating periphytic algal biomass *Limnol Oceanogr* 37(2) 322 328

HOAGLAND K D ROEMER, S C and ROSOWSKI J R 1982 Colonization and community structure of two periphyton assemblages with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae) *Amer J Bot* 69(2) 188 213

Kawecka B 1980 The ecological characteristics of diatom communities in the mountain streams of Europe 6th Diatom Symposium 425 pages

KRAMMER, K and LANGE BERTALOT H 1986 Bacillariophyceae 1 Teil Naviculaceae En H Ettl J Gerloff H Heyning D Mollenhauer (Ed) *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2(1) 1-440 206 laminas

KRAMMER, K and LANGE BERTALOT H 1988 Bacillariophyceae 2 Teil Bacillariaceae Epithemiaceae Surirellaceae Stuttgart Gustav Fischer Verlag 596 paginas

KRAMMER, K and LANGE BERTALOT H 1991 Bacillariophyceae 4 Teil En H Ettl G Gartner J Gerloff H Heyning D Mollenhauer (Eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa* Stuttgart Gustav Fischer Verlag 437 paginas

KUTKA F J and RICHARDS C 1996 Relating diatom assemblage structure to stream habitat quality *J N Am Benthol Soc* 15(4) 469-480

LOUIS BERGER GROUP USAID ACP ANAM 2000 Informe Final 2001 Proyecto de Monitoreo de la Cuenca del Canal 2000 (PMCC 2000)

MAGURRAN A E 1988 Ecological diversity and its measurement Princeton University Press New Jersey 179 pages

MARTINEZ S E 2004 Flora Diatomológica del Lago Las Cumbres durante seis meses de estudio Tesis Universidad de Panamá, Panamá. 116 pages

MARTÍNEZ L F y DONATO J 2003 Efectos del Caudal sobre la colonización de algas en un río de Alta Montaña Tropical (Boyacá, Colombia) *Caldasia* 25(2) 337 354

McALEECE N 1997 BioDiversity Professional (version 2) The Natural History Museum & the Scottish Association for marine science

MEYER, J L MCDOWELL W H BOTT T L ELWOOD J W ISHIZAKI CH
MELACK, J M PECKARSKY B L PETERSON B J y RUBLEE P A 1988
Elemental dynamics in streams *J N Am Benthol Soc* 7(4) 410-432

METZELTIN D and LANGE BERTALOT H 1998 Tropical Diatoms of South America I *Iconographia Diatomologica* 5 695 220 láminas

METZELTIN D and H LANGE BERTALOT 2007 Tropical Diatoms of South America II A R G GANTNER VERLAG K G 877 páginas

METZELTIN D LANGE BERTALOT H and GARCIA RODRIGUEZ F 2005
Diatoms of Uruguay *Iconographia Diatomologica* 15 736 páginas A R G GANTNER
VERLAG K G

MICHELS A UMAÑA G y RAEDER, U 2006 Epilithic diatom assemblages in rivers training into Golfo Dulce (Costa Rica) and their relationship to water chemistry habitat characteristics and land use *Arch Hydrobiol* 165(2) 167 190

MINITAB 15 Statistical Software Minitab Inc

MORENO C E 2001 Métodos para medir la biodiversidad M & T Manuales y Tesis SEA vol 1 Zaragoza, 84 págs

MOSISCH T D 2001 Effects of desiccation on stream epilithic algae *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 35 173 179

MÜLLER MELCHERS F C y FERRANDO H 1956 Técnica para el estudio de las diatomeas *Boletín do Instituto Oceanografico São Paulo* 7(1 2) 151 160

MURDOCK, J N y DODDS W K 2007 Linking Benthic algal biomass to stream substratum topography *J Phycol* 43 449-460

PALMER, M A y POFF N L 1997 Heterogeneity in Streams The influence of environmental heterogeneity on patterns and processes in streams *J N Am Benthol Soc* 16(1) 169 173

PAPPAS J L y STOERMER, E F 1996 Quantitative method for determining a representative algal sample count *J Phycol* 32 693 696

PETERSON CH G y STEVENSON R J 1989 Substratum conditioning and diatom colonization in different current regimes *J Phycol* 25 790 793

- POTAPOVA, M y CHARLES D F 2003 Distribution of benthic diatoms in U S rivers in relation to conductivity and ionic composition *Freshwater Biology* 48 1311-1328
- POTAPOVA M y CHARLES D F 2005 Choice of substrate in algae based water quality assessment *J N Am Benthol Soc* 24(2) 415-427
- PRYGIEL J CARPENTER, P ALMEIDA S COSTE M DRUART J C ECTOR, L GUILLARD D HONORÉ M A ISERENTANT R LEDEGANCK, P LALANNE CASSOU C LESNIAK, C MERCIER, I MONCAUT P NAZART M NOUCHET N PERES F PEETERS V RIMET F RUMEAU A SABATER, S STRAUB F TORRISI M TUDESQUE L VAN DER VIJVER, B VIDAL H VIZINET J and ZYDEK N 2002 Determination of the biological diatom index (IBD NF T 90 354) results of an intercomparison exercise *Journal of Applied Phycology* 14 27-39
- RESH V H BROWN A V COVICH A P GURTZ M E LI H W MINSHALL W REICE S R SHELDON A L WALLACE J B and WISSMAR, R C 1988 The role of disturbance in stream ecology *J N Am Benthol Soc* 7(4) 433-455
- RIER, S T STEVENSON R. J and LALIBERTE G D 2006 Photo-acclimation response of benthic stream algae across experimentally manipulated light gradients a comparison of growth rates and net primary productivity *J Phycol* 42 560-567
- ROBINSON G 1983 Methodology the key to understanding periphyton In *Periphyton of Freshwater Ecosystem* R G Wetzel Ed Dr W Junk Publishers The Hague
- ROLDAN G 1992 Fundamentos de Limnología Neotropical Perifiton Capítulo 14 págs 357-378
- ROUND F 1981 The ecology of alga. Cambridge University Press 653 páginas
- RUMRICH U LANGE BERTALOT H and RUMRICH M 2000 Diatomeen der Anden Von Venezuela bis Patagonien/ Tierra del Fuego A R G GANTNER VERLAG K G 672 paginas
- SANCHEZ O E I 2004 Comunidades de Diatomeas Perifíticas establecidas en substrato artificial y natural Tesis Universidad de Panamá, Panama. 67 págs
- SANDERS H L 1968 Marine benthic diversity a comparative study *Am Natur* 102 243-282
- SHANNON C E and WEAVER, W 1949 The mathematical theory of communication University of Illinois Press Urbana, 125 págs

- SILVA-BENAVIDES, A-M. 1996. The epilithic diatom flora of a pristine and a polluted river in Costa Rica, Central America. *Diatom Research*. 11(1): 105-142.
- SIMPSON, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*. 163: 688.
- SNEATH, P. H. A. 1967. The Application of Computers to Taxonomy. *Journal of General Microbiology*. 17: 201 -226.
- SOININEN, J. 2004. Assessing the current related heterogeneity and diversity patterns of benthic diatom communities in a turbid and a clear water river. *Aquatic Ecology*. 38: 495-501.
- SOURNIA, A. 1982. Form and function in marine phytoplankton. *Biological Review*. 57: 347-394.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (SM, 20th EDICIÓN).
- STEVENSON, R. J., BOTHWELL, M. L. and LOWE, R. L. 1996. Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems. Academic Press, San Diego, C.A. 753 págs.
- TAYLOR, J. C., HARDING, W. R. and ARCHIBALD, C.G.M. 2007. A methods manual for the collection, preparation and analysis of diatom samples. WRC Report TT 281/07. Version 1.0. 49 páginas.
- TAYLOR, J. C., HARDING, W. R. and ARCHIBALD, C.G.M. 2007. An illustrated guide to some common diatom species from South Africa. WRC Report TT 282/07. 178 láminas.
- TER BRAAK, C. J. F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*. 67(5): 1167-1179.
- TRYON, R. C. 1939. Cluster analysis. New York: McGraw-Hill.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 1986. Quality criteria for water. 1986. Office of water regulation and Standards, Washington, DC 20460. 477 págs.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2003. Fundamentos de Fisicoquímica Ambiental. Curso virtual. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/Copy%20of%2098603/lecciones/Mod3/PARAMETROS.htm>
- VAN DAM, H. 1982. On the use of measures of structure and diversity in applied diatom ecology. *Nova Hedwigia*. 73: 97-115.

WARD J V Y TOCKNER, K 2001 Biodiversity towards a unifying theme for river ecology *Freshwater Biology* 46 807-819

WELLNITZ T A RADER, R B and WARD J V 1996 Light and a grazing mayfly shape periphyton in a Rocky Mountain stream *J N Am Benthol Soc* 15(4) 496-507

WERNER, D 1977 The biology of diatoms Botanical monographs 13 Blackwell Scientific Publications 498 págs

WETZEL R G (Ed) 1983 Periphyton of Freshwater Ecosystems Proceedings of the First International Workshop on Periphyton of Freshwater Ecosystems held in Vaxjö Sweden 14-17 september 1982 Dr W Junk Publishers The Hague

WETZEL R G 2001 Limnology Tercera edición Academic Press San Diego

WINTERBOURN M J 1990 Interactions among nutrients algae and invertebrates in a New Zealand mountain stream *Freshwater Biology* 23 463-474

ESTRATEGIA PARA EL ANALISIS DE LOS DATOS (DIAGRAMAS)

1 Caracterización física y química de los sitios de estudio

La caracterización de los sitios de estudio se basó fundamentalmente en el valor del *índice de diagnóstico físico conservacionista* $E(f)$ y en la variación mensual de algunos parámetros fisicoquímicos medidos en los ríos (Fig 61)

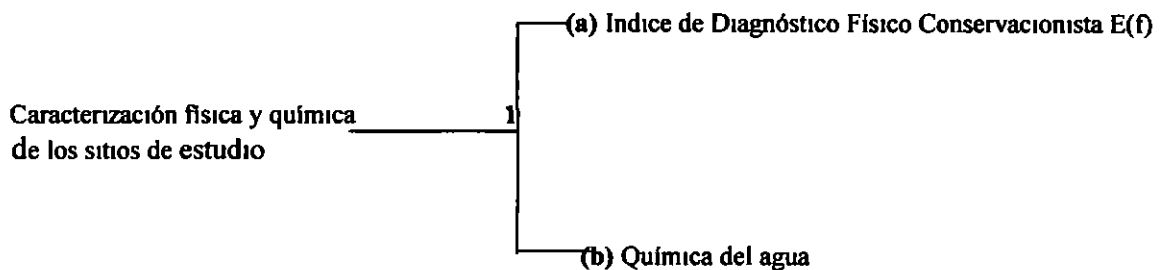


Fig 61 Caracterización física y química de los sitios de estudio

2 Estructura de la comunidad

a. Comparación de los tres ríos (Fig 62)

El primer enfoque consideró determinar Riqueza (lista de especies) Diversidad (Shannon Weaver 1949) Dominancia (Simpson, 1949) Curvas de Rarefacción (Sanders 1968) y además se incluyó un análisis jerárquico por conglomerado (Cluster Tryon, 1939) utilizando el Índice de Similitud de Bray Curtis (1957) y el algoritmo de enlace simple (Single linkage Sneath 1967)

a₁ Análisis cualitativo

a_{1.1} Se definió el listado de especies (*riqueza*) por sustrato para los tres ríos por ende se definió el listado para cada río independientemente con los datos originales no estandarizados

a_{1.2} Además se elaboraron nuevas matrices con los datos tanto no estandarizados (NEs) como los estandarizados (Es) con el objetivo de realizar los *análisis jerárquicos* (Cluster) para definir si había alguna diferencia en el patrón taxonómico de los tres ríos/ sustrato dependiendo de la estandarización

a_{1.3} Seguidamente se elaboraron nuevas matrices para definir la riqueza en cada *temporada* (lluviosa, seca) por río por sustrato y verificar diferencias por temporada.

a₂ Análisis cuantitativo

a_{2.1} Con la finalidad de determinar la *eficiencia del método* para obtener una muestra representativa y definir si la estandarización influye en los patrones observados se elaboraron Curvas de Rarefacción ¹ por sustrato/ temporada para los tres ríos tanto para datos NEs como Es

a_{2.2} Con el objetivo de visualizar mejor las *semejanzas taxonómicas* se realizaron los análisis jerárquicos (Cluster) por sustrato/ temporada para los tres ríos tanto para datos NEs como Es

¹ (Biodiversity Pro)

$a_{2.3}$. Para ser consecuentes con los procedimientos clásicos en la descripción de las comunidades, se determinó la *diversidad alfa* utilizando el Índice de Diversidad (H' : Shannon-Weaver, 1949) por sustrato/ temporada y para los tres ríos. Además, se utilizó el Índice de Dominancia (D : Simpson, 1949) para determinar la dominancia de las especies. Estos procedimientos se utilizaron para datos NEs como Es.

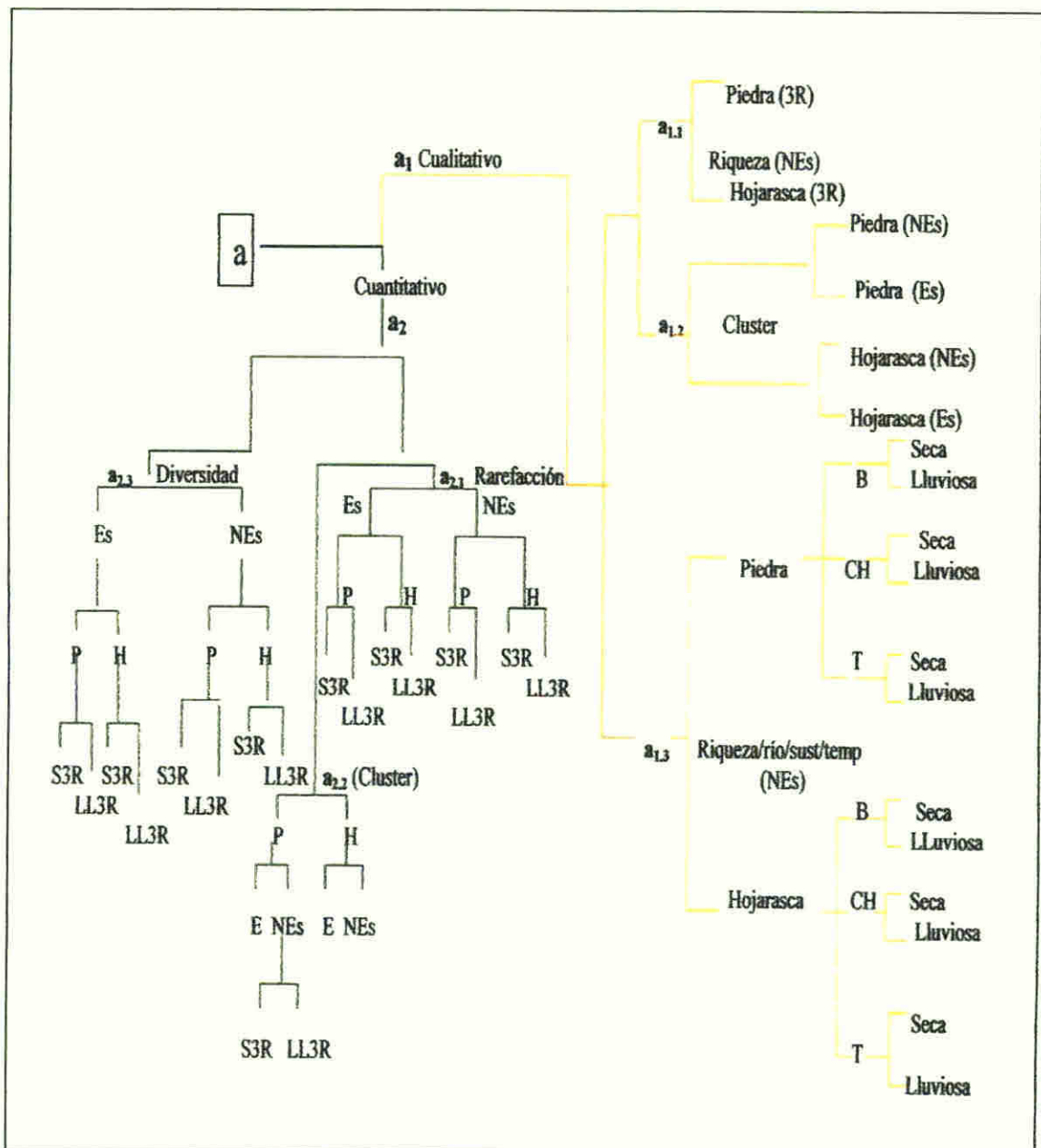


Fig. 62 Comparación de los tres ríos

b Abundancia de las cinco especies dominantes por sustrato río, temporada para datos NEs y Es (Fig 63)

Se definió la estructura de la comunidad (*lista de especies abundancia*) por sustrato/ río/ temporada, tanto para datos NEs como Es

b₁ Para los datos NEs se determino la *abundancia total* de cada especie luego se seleccionaron las cinco especies más abundantes en todo el estudio (7 meses) por temporada lluviosa (3 meses) y por temporada seca (4 meses)

b₂ En el caso de los datos Es se crearon nuevas matrices en donde se *estandarizo* cada dato original dividiendo el numero de valvas/ especie entre el numero de placas que se hicieron necesarias para obtener las 300 valvas reglamentarias por muestra. También se selecciono las cinco especies mas abundantes en todo el estudio (7 meses) por temporada lluviosa (3 meses) y por temporada seca (4 meses)

b₃ Al final se realizó una *comparacion de los resultados* para NEs y Es

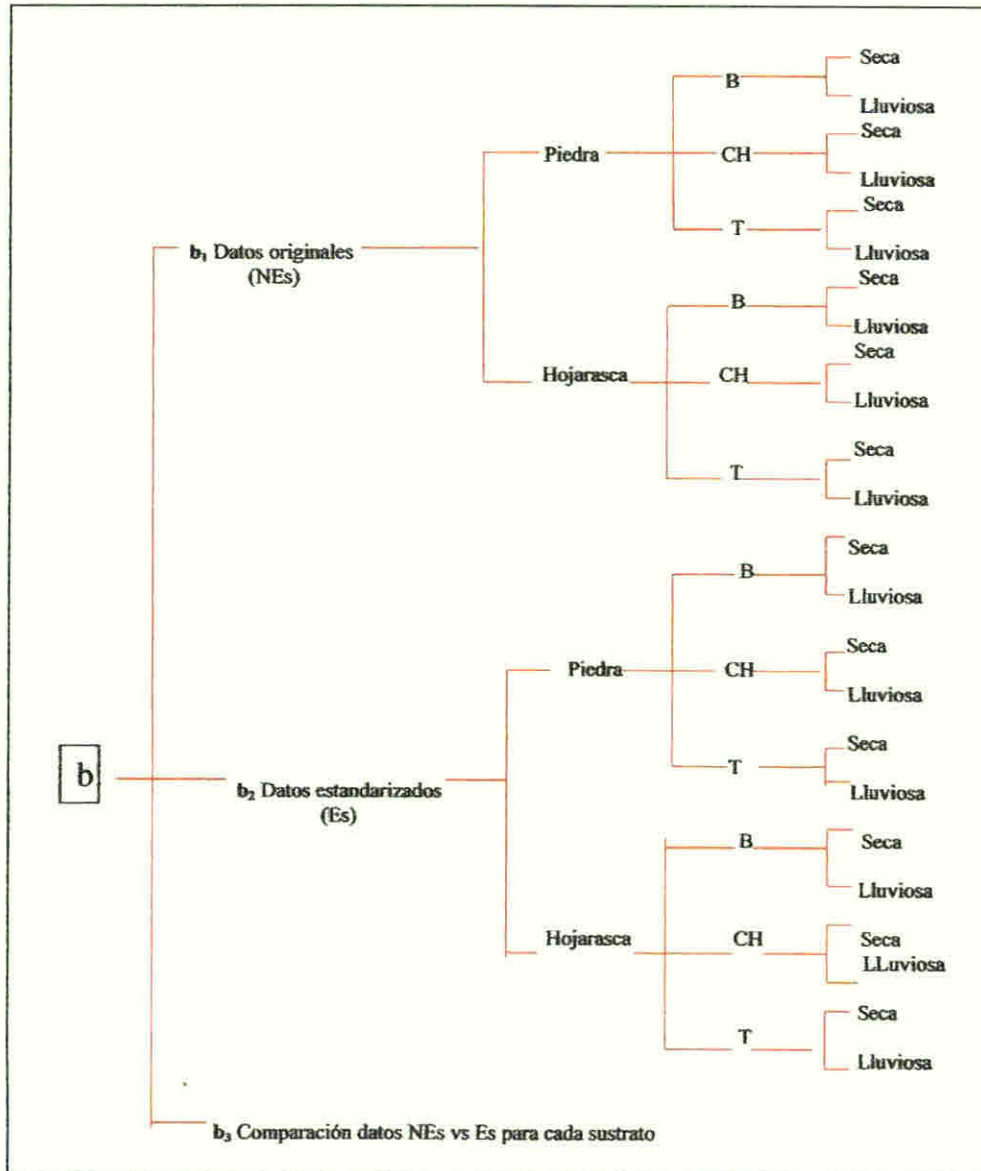


Fig. 63 Abundancia de las cinco especies dominantes

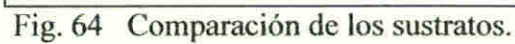
c Comparación de los sustratos en cuanto a curvas de rarefacción riqueza/mes, abundancia/mes temporada y análisis jerárquico (Piedra + Hojarasca), para NEs y Es (Fig 64)

Se hizo la comparación de los dos sustratos para lo cual se elaboraron nuevas matrices. La evaluación de la eficiencia del método se realizó mediante las curvas de rarefacción para datos NEs y Es se estimó la riqueza (No de especies) y abundancia (No de valvas) de las cinco especies dominantes por mes y se realizó un análisis jerárquico de conglomerados (Cluster) por último se consideró las cinco especies más abundantes por sustrato y por temporada, sin diferenciar los meses. En el caso del Cluster sólo se utilizaron los datos NEs.

c₁-c₂ Para la mejor comprensión del análisis de *eficiencia del método* se presentaron las curvas de rarefacción de los tres ríos en una misma página y esto se hizo para cada temporada.

c₃ En cambio los datos de *riqueza y abundancia* se representaron en gráficos de barra, por mes y río. Para el *análisis jerárquico* se presentaron los correspondientes dendrogramas realizados con la matriz comparativa del índice de similitud Bray Curtis y el algoritmo del Single linkage.

c₄ Al final se presentaron cuadros sintéticos para cada río que permitieron evidenciar las diferencias en *abundancia de las cinco especies dominantes* por sustrato por temporada, tanto para datos NEs como Es.



3 Relación entre parámetros fisicoquímicos biológicos y sitios de estudio

a. Correlación de Rangos de Spearman entre los parámetros fisicoquímicos y biológicos para datos NEs (Fig 65)

Para determinar si existía correlación entre algunas diatomeas dominantes y ciertos parámetros fisicoquímicos medidos en el área, se aplicó el análisis de Correlación de Spearman mediante el programa BioDiversity Pro (1997). Se procedió a elaborar matrices considerando las cinco especies de mayor dominancia por río sustrato y durante los siete meses de estudio así como los principales datos fisicoquímicos. Se determinó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman para todos los datos y se comparó con los valores críticos de r_s en la tabla. Cuando el valor calculado de r_s fue mayor que el valor crítico r_s se procedió a rechazar la hipótesis nula (no correlación entre las variables)

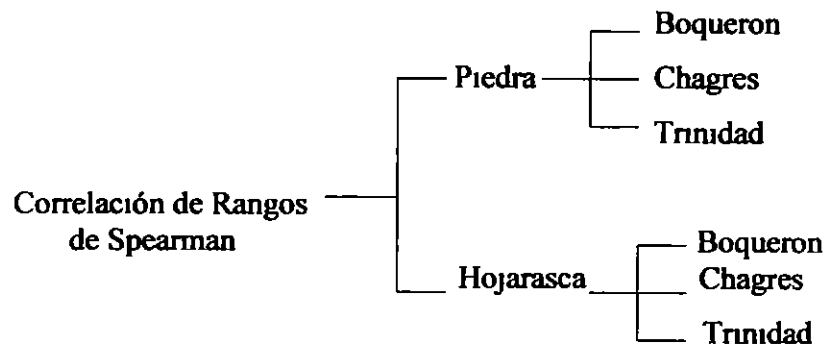


Fig 65 Correlación de Rangos de Spearman

b Analisis de Correspondencia Simple (ACS) (Fig 66)

Se elaboraron nuevas matrices basandonos en los datos **NEs** y **Es** donde se seleccionaron las cinco especies dominantes dentro de cada rio por sustrato en los 7 meses de estudio. Con ayuda del programa Minitab 15 se elaboro la tabla de contingencia a partir de la cual se obtuvo una representación grafica de la relación entre la abundancia de especies y los sitios de estudio por sustrato tanto para datos **NEs** como **Es**.

Para establecer las relaciones de correspondencia entre los parámetros fisicoquimicos y los sitios de estudio se elaboraron otras matrices donde se seleccionaron aquellos parámetros que mayormente podrian influir en la estructura de la comunidad de diatomeas. Con el programa Minitab 15 se elaboro una tabla de contingencia que permitió la representacion gráfica de la relación entre la concentración de los parámetros fisicoquimicos y los sitios de estudio por temporadas.

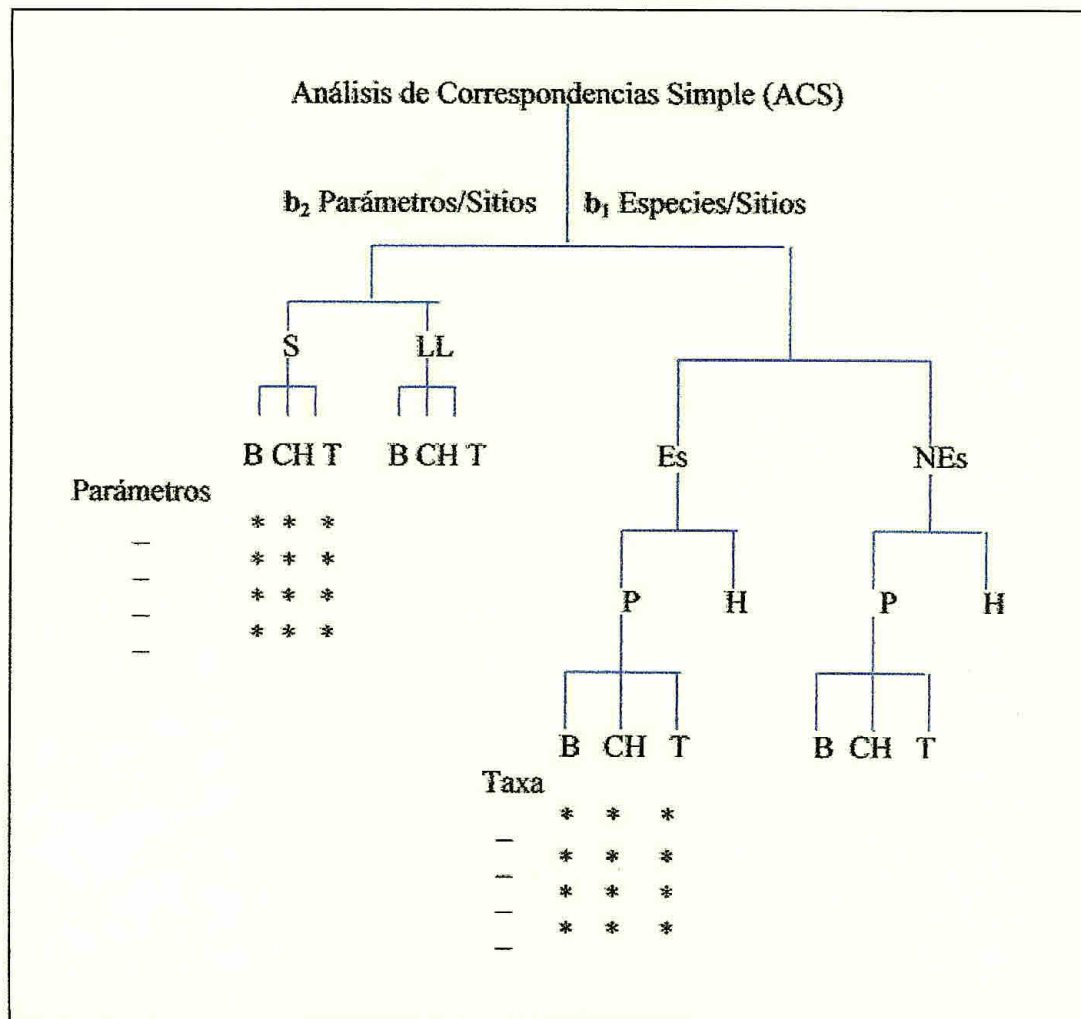


Fig. 66 Análisis de Correspondencia Simple (ACS).

Cuadro XXVIII. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS MEDIDOS EN LOS SITIOS DE ESTUDIO.

RÍOS	AÑO	MES	TEMP.	TURB.	OD	pH	COND.	TSD	TSS	HCO3	NO3	PO4	SO4	Na	Ca	K	Mg	E. coli	Coliforme Total
Chagres	2005	oct.	24,9	1,7	s/d	7,19	89,6	89,0	2	35	0,1	0,013	3,7	8,2	5,6	0,38	3,8	60	8330
Chagres	2005	Nov.	25,0	0,9	7,67	7,29	100,5	97,0	1	36	0,1	0,016	3,8	7,8	5,2	0,32	4	55	1421
Chagres	2005	Dic.	24,1	0,8	8,5	7,68	92,0	74,0	0,2	36	0,08	0,014	0,06	7,4	6,2	0,3	3,6	20	4352
Chagres	2006	Ene.	25,0	0,5	8,48	s/d	87,2	75,0	1	32	0,07	0,018	8,6	8	6,1	0,35	3,7	s/d	s/d
Chagres	2006	Feb.	25,0	0,4	9,65	8,34	82,0	96,0	0,4	36	0,03	0,008	6,8	9	6	0,31	3,9	<10	4884
Chagres	2006	Mar.	25,5	0,4	7,95	8,1	84,0	89,0	2	35	0,02	0,01	4,4	7,8	6,2	0,31	3,9	10	5171
Chagres	2006	Abr.	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	87,0	1	29	0,09	0,01	3,4	7,4	5,1	0,39	3,3	<10	4100
Boquerón	2005	oct.	25,8	5,8	8,64	7,24	149,2	112,0	4	67	0,13	0,017	5,8	7,6	20,4	0,6	4,6	347	10935
Boquerón	2005	Nov.	24,9	1,6	s/d	7,85	168,5	123,0	2	72	0,12	0,034	7,6	7,4	25,2	0,63	4,6	98	4100
Boquerón	2005	Dic.	24,7	0,6	8,87	8,0	186,3	123,0	0,3	80	0,05	0,021	0,1	8	21,9	0,6	4,7	<10	1666
Boquerón	2006	Ene.	25,0	1,0	9,0	7,9	180,0	127,0	1	86	0,02	0,035	8,3	8,8	20	0,75	7,2	<10	3654
Boquerón	2006	Feb.	s/d	2,0	9,3	8,51	157,0	122,0	2	61	0,06	0,002	8,9	8,4	17,2	0,57	4	150	10860
Boquerón	2006	Mar.	26,6	0,6	8,75	8,51	178,0	149,0	4	72	0,02	0,012	6,1	7,8	20,5	0,59	4,7	202	4884
Boquerón	2006	Abr.	26,2	0,9	8,81	8,44	149,0	133,0	1	72	0,01	0,012	5,1	7,6	20,7	0,64	4,7	21	4371
Trinidad	2005	oct.	24,5	61,9	8,51	6,73	61,2	73,0	45	39	0,12	0,008	5,8	5,6	3,92	1,15	1,8	4352	86644
Trinidad	2005	Nov.	26,3	11,9	8,2	6,77	92,8	115,0	11	32	0,04	0,032	4,7	7,4	22,6	1,04	3,2	283	22818
Trinidad	2005	Dic.	25,0	3,5	8,5	7,4	95,6	93,0	2	31	0,03	0,023	1,6	7	6,8	0,99	2,7	92	13913
Trinidad	2006	Ene.	27,22	2,8	s/d	7,3	98,6	77,0	2	37	0,03	0,032	8,5	8,6	7,7	1,13	3,2	s/d	s/d
Trinidad	2006	Feb.	26,0	2,0	8,21	8,21	110,0	90,0	2	39	0,01	0,008	9,7	9,4	7,9	1,24	3,4	42	4753
Trinidad	2006	Mar.	26,1	1,5	7,63	7,85	121,0	97,0	2	43	0	0,026	6,6	9	9	1,41	3,8	s/d	s/d
Trinidad	2006	Abr.	26,4	2,4	7,65	7,92	129,0	106,0	3	37	0,04	0,018	8,3	8,6	8,5	1,7	3,7	149	7541

Cuadro XXIX. PARÁMETROS HIDRAÚLICOS DE LOS SITIOS DE ESTUDIO.

RÍOS/ FECHA DE COLECTA	PARÁMETROS HIDRAÚLICOS				
	Ancho (m)	Área (m ²)	Profundidad (m)	Velocidad de Corriente (m/s)	Caudal (m ³ /s)
CHAGRES					
27- octubre- 05	27,96	34,06	1,22	0,57	19,41
29- noviembre- 05	28,75	36,65	1,28	0,68	24,86
30- diciembre- 05	27,18	30,69	1,13	0,45	13,83
31- enero- 06	25,93	24,52	0,95	0,41	10,01
14- febrero- 06	27,59	25,58	0,93	0,44	11,33
08- marzo- 06	24,82	23,59	0,95	0,38	8,90
04- abril- 06	30,34	33,25	1,10	0,46	15,37
BOQUERÓN					
05- octubre- 05	25,69	11,57	0,45	0,66	7,59
14- noviembre- 05	25,28	9,39	0,37	0,52	4,87
06- diciembre- 05	25,19	8,85	0,35	0,48	4,28
11- enero- 06	23,84	4,07	0,17	0,52	2,11
01- febrero- 06	24,30	6,27	0,26	0,64	4,04
02- marzo- 06	23,32	3,27	0,14	0,49	1,60
06- abril- 06	23,63	3,49	0,15	0,50	1,73
TRINIDAD					
04- octubre- 05	25,43	27,90	1,10	0,50	13,98
08- noviembre- 05	25,04	22,36	0,89	0,26	5,91
01- diciembre- 05	24,92	20,68	0,83	0,21	4,31
04- enero- 06	23,81	17,35	0,73	0,14	2,50
02- febrero- 06	23,59	16,34	0,69	0,12	1,95
09- marzo- 06	23,02	13,64	0,59	0,07	0,90
05- abril- 06	23,14	14,20	0,61	0,08	1,07

Cuadro XXX MATRIZ BIOLÓGICA PARA BOQUERON PIEDRA (NEs)

ESPECIES	2005						2006							
	OCT		NOV		DIC.		ENE		FEB.		MAR		ABR	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
<i>Achnanthes ex gua</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanth subhudson</i>	0	0	7	8	0	0	3	3	0	3	0	0	0	0
<i>Amphiplura lindh meri</i>	0	0	2	0	0	0	0	1	2	0	2	8	0	0
<i>Amphora acut uscul</i>	21	60	21	9	46	14	8	10	9	4	2	0	2	4
<i>Amphora lyb ca</i>	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysira trea</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Bacillaria paxill fe</i>	0	0	11	4	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1
<i>Caloneis bacill m</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capitogramma cruc cola</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cocconeis placentula ar glypta</i>	5	15	38	57	8	28	76	55	60	51	100	80	10	26
<i>Cyclotella men ghiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
<i>Cyclotella stylorum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	0	1	13	17	6	17	29	53	40	22	54	39	60	80
<i>Cymbella kolbe</i>	6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella tumida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3
<i>Cymbella turgida</i>	2	12	18	21	5	8	42	60	45	37	56	74	55	50
<i>Denticula cf. oblongella</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina ar vaucheriae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria gouldii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0
<i>Fragilaria ulna</i>	0	1	0	1	0	1	10	11	10	4	37	71	10	9
<i>Frustularia rhomboides ar asservata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geissleria schoenfeld</i>	45	48	75	85	191	141	101	67	80	110	30	15	50	31
<i>Geissleria militis</i>	2	9	1	7	1	3	2	0	1	1	0	0	1	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Gyrosigma kitzingeri</i>	0	0	4	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola f. nivalis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula f. nivalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Navicula cf. minuscula</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cf. coh. ?</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula f. semilunata</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Navicula decussata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Navicula erifuga</i>	41	14	14	8	7	10	6	11	3	2	1	1	3	5
<i>Navicula ncarum</i>	106	63	30	21	28	63	5	17	20	18	8	1	30	30
<i>Navicula gap rca</i>	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
<i>Navicula phyllept</i>	4	1	5	2	0	1	0	0	8	11	4	2	10	15
<i>Navicula schroeteri</i>	6	8	2	5	1	3	2	0	0	3	0	0	2	2
<i>Navicula subrhynchophala</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Navicula t. nelloid s</i>	25	11	36	31	5	6	7	2	13	11	0	3	25	27
<i>Navicula d. la. ar. rot. lat.</i>	2	1	1	1	0	1	1	1	0	2	1	0	1	0
<i>Nitzschia amphibia</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	2	0	2	0
<i>Nitzschia dissipata fo. maewensis</i>	1	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Nitzschia frustulum</i>	25	22	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Nitzschia levidensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia levidensis ar. salinarum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia l. n. ar.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Subtotal	296	290	292	293	298	298	297	297	295	285	300	300	270	289

Cuadro XXX MATRIZ BIOLOGICA PARA BOQUERON PIEDRA (NEs)

[illegible]

Cuadro XXXI MATRIZ BIOLOGICA PARA CHAGRES PIEDRA (NEs)

ESPECIES	2005						2006							
	OCT		NOV		DIC.		ENE		FEB		MAR.		ABR.	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
<i>Achnanthes ex gua</i>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes la ce lata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes subhudsonii</i>	4	3	2	1	12	8	16	8	4	3	8	4	3	4
<i>Amphipleuralid me</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Amphora acutiuscula</i>	2	0	10	10	10	17	3	6	3	7	9	3	3	0
<i>Amphora lybica</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
<i>Bacillaria paxillifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
<i>Brachysira strea</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capriogramma crucicola</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	5	3	3	0	0
<i>Cocconeis placentula ar euglypta</i>	2	4	6	12	10	10	32	23	39	18	13	30	1	2
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	1	7	0	1	5	0	3	9	4	17	3	5	0	0
<i>Cymbella kolbei</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella tumida</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	4	0	0
<i>Cymbella turgida</i>	4	7	10	23	4	17	3	7	7	35	15	13	1	1
<i>Diadesmia confervacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0
<i>Ecyonema stilesianum</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1
<i>Fragilaria capucina</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina ar vaucheriae</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	1	2	0	0
<i>Fragilaria gouldii</i>	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Fragilaria sulcata</i>	1	0	4	2	3	4	14	18	23	60	15	14	0	0
<i>Gessleria schoenfeldii</i>	216	221	204	148	170	187	160	175	155	85	126	120	227	227
<i>Gessleria similis</i>	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema cf angustum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema gracile</i>	0	1	0	0	0	1	2	0	0	3	0	0	0	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	1	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	2	0
<i>Gomphonema sp</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lenticula goeppertiana</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira octogona</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira cf. nummuloides</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cf constans var simetrica</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula rypsiophala</i>	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0
<i>Navicula decussis</i>	3	3	1	4	13	13	21	32	35	35	26	30	18	13
<i>Navicula erifuga</i>	2	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0
<i>Navicula germanica</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula incarum</i>	28	20	48	86	55	24	22	4	4	2	9	11	17	32
<i>Navicula ngapitica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Navicula phyllepta</i>	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1	1
<i>Navicula radosa</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13	11	1	0
<i>Navicula schroeteri</i>	11	6	6	3	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Navicula tenelloides</i>	5	9	1	3	7	3	10	1	0	0	11	4	18	13
<i>Navicula viridula ar rostellata</i>	3	0	0	0	0	0	2	1	3	1	2	3	0	1
<i>Neidium sp</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia amphibia</i>	1	0	0	0	0	2	6	7	12	5	35	25	1	0
<i>Nitzschia clausii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia dissipata fo maewensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Subtotal	294	289	300	298	294	299	300	296	296	292	298	291	300	297

Cuadro XXXI MATRIZ BIOLÓGICA PARA CHAGRES PIEDRA (NEs)

[illegible]

Cuadro XXXII MATRIZ BIOLÓGICA PARA TRINIDAD PIEDRA (NEs)

ESPECIES	2005						2006							
	OCT		NOV		DIC		ENE		FEB		MAR		ABR	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
<i>Achnanthes cf la ceolata</i>	2	2	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthe exigua</i>	1	1	1	3	2	0	7	4	0	0	2	0	6	0
<i>Achnanthes lanceolata</i>	3	0	0	0	3	0	0	0	4	1	5	2	7	4
<i>Achnanthes subhudsonii</i>	5	8	0	1	2	0	1	2	0	0	4	0	0	1
<i>Amphipleura lundheimeri</i>	3	0	1	1	0	0	2	2	3	6	1	3	1	1
<i>Amphipleura pellucida</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora acutiuscula</i>	5	10	7	3	10	13	17	5	6	2	5	4	4	8
<i>Amphora lybica</i>	5	2	0	2	0	1	0	0	0	1	1	2	18	8
<i>Amphora sp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bacillaria paxillife</i>	25	7	0	12	11	6	60	44	28	33	35	23	23	25
<i>Caloneis bacill m</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capartogramma cruc c la</i>	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis fluv at lis</i>	1	1	1	1	3	0	15	4	1	2	0	4	2	1
<i>Cocconeis placentula ar euglypta</i>	22	4	5	3	1	8	25	24	29	16	66	114	50	35
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8	4	4
<i>Cyclotella stelligera</i>	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Cymbella tumida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cymbella turgidula</i>	10	3	1	2	1	0	8	8	5	54	1	11	21	20
<i>Dadesmus ferveacea</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis elliptica</i>	1	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema silesiacum</i>	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia cf camelus</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. notia faba</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. notia sp</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia sp2</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia sp3</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria gouldii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>Fragilaria ulna</i>	0	0	1	0	0	0	2	0	5	36	1	12	4	4
<i>Frustulia rhomboides ar crassinervia</i>	3	3	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Geissleria schoenfeld</i>	15	10	4	5	9	13	12	20	3	1	1	3	6	6
<i>Geissleria schmidiae</i>	6	3	0	1	1	2	0	4	9	4	12	2	9	1
<i>Geissleria similis</i>	38	80	151	75	70	60	40	63	16	4	20	12	8	15
<i>Gomphonema affine</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Gomphonema cf angust m</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema lavatum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Gomphonema gra l</i>	4	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
<i>Gomphonema parvum m</i>	2	8	13	4	1	10	6	6	4	3	2	6	6	24
<i>Gomphonema sp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma sp</i>	0	1	0	2	0	1	1	0	3	0	1	0	1	3
<i>Gyrosigma sp1</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma kutzingeri</i>	4	1	1	8	9	3	8	5	1	2	0	2	0	1
<i>Gyrosigma scalpoides</i>	1	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola cf nivalis</i>	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola mutica</i>	6	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Natocula sp</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Natocula sp</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	181	164	188	132	131	127	205	193	117	167	163	210	172	168

Cuadro XXXII MATRIZ BIOLÓGICA PARA TRINIDAD PIEDRA (NEs)

ESPECIES	2005								2006							
	OCT		NOV		DIC.		ENE		FEB		MAR.		ABR.			
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2		
<i>Navicula cf gastrum?</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Navicula cf insociabilis</i>	2	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	2	0	0		
<i>Navicula cf clemeis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0		
<i>Navicula cf viridula</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Navicula cryptocephala</i>	3	3	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Navicula decuss</i>	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	2		
<i>Navicula e fuga</i>	8	11	1	5	0	2	4	1	0	1	1	0	2	0		
<i>Navicula fossalis</i> ar <i>obsidialis?</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Navicula germa</i>	0	4	3	4	2	1	0	0	0	0	2	11	0	0		
<i>Navicula ncarum</i>	29	44	42	79	65	62	23	34	35	24	32	12	17	16		
<i>Navicula ingapirca</i>	2	0	0	1	0	0	3	4	10	9	3	3	9	4		
<i>Navicula mut oides</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Navicula phyllepta</i>	0	0	2	1	0	1	0	6	8	9	5	8	12	6		
<i>Navicula p otra i</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Navicula rad sa</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
<i>Navicula schroet</i>	3	23	26	45	36	18	25	15	23	24	11	8	1	25		
<i>Navicula sp2</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Navicula sp3</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Navicula tenelloides</i>	10	9	16	13	30	47	10	24	64	24	30	24	35	40		
<i>Navicula dula</i> var <i>rostellata</i>	6	2	6	3	1	2	0	1	13	14	6	9	20	11		
<i>Nitzschia sp</i>	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Nitzschia amphibia</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Nitzschia cap tellata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Nitzschia clausi</i>	13	14	4	1	4	2	0	1	0	0	1	0	0	0		
<i>Nitzschia debilis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Nitzschia dissipata</i> fo <i>maewensis</i>	0	0	0	6	5	3	3	3	6	1	6	7	2	3		
<i>Nitzschia frustul m</i>	1	2	0	1	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0		
<i>Nitzschia levandensis</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Nitzschia levandensis</i> ar <i>salinarum</i>	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Nitzschia levandensis</i> ar <i>ictoriae</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1		
<i>Nitzschia linearis</i>	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Nitzschia nana</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Nitzschia palata</i>	7	1	0	1	18	17	17	15	16	27	38	0	14	13		
<i>Nitzschia terrestis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pennula cf b n</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
<i>Pennularia cf divergens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
<i>Pennularia b n ta m</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pennularia diverg</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
<i>Pennularia sp</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Planothidium nfrequens</i>	19	6	0	0	4	0	2	2	2	0	0	1	6	9		
<i>Planothidium salvadorum</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pleurosigma sp</i>	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Rhopalodia gibberula</i>	6	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Sellaphora pupula</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0		
<i>Tabularia tabulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	1	0	1		
<i>Thalassiosira weissflogii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0		
Subtotal	119	136	112	168	169	173	95	107	183	133	137	90	128	132		
Total	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300		

Cuadro XXXIII MATRIZ BIOLÓGICA PARA BOQUERÓN HOJARASCA (NEs)

ESPECIES	2005						2006							
	OCT		NOV		DIC.		ENE.		FEB		MAR.		ABR.	
	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2
<i>Achnanthes exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	4	5
<i>Achnanthes lanceolata</i>	1	0	0	0	0	1	2	2	12	2	0	0	0	3
<i>Achnanthes subhudsonii</i>	1	5	3	2	1	1	3	0	2	0	0	1	2	3
<i>Amphipleura lindheimeri</i>	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	8	2	0	0
<i>Amphora acutiuscula</i>	13	17	13	7	29	45	12	12	8	10	9	3	6	16
<i>Amphora lybica</i>	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysira trea</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Bacillaria paxillifera</i>	13	5	0	2	0	0	4	1	2	3	5	1	7	2
<i>Caloneis bacillum</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capitotragus crucicola</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	4	1	0	1
<i>Cocconeis placentula ar euglypta</i>	20	24	65	106	65	50	58	34	65	25	80	105	95	55
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Cyclotella stelligera</i>	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	10	1	17	30	25	26	37	34	37	35	20	22	25	30
<i>Cymbella kolbe</i>	18	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella turgidula</i>	82	65	16	40	14	20	16	40	22	28	22	40	27	20
<i>Denticula sp</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema silesiacum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia sp1</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina ar aucheriae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria goulardi</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria ulna</i>	1	7	3	2	0	0	5	10	2	7	22	23	5	4
<i>Geissleria schoenfeldi</i>	50	46	105	80	60	63	104	115	90	90	60	65	50	80
<i>Geissleria milis</i>	6	5	6	5	11	10	7	4	4	7	2	3	4	7
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Gomphonema sp2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gyrosigma kutzingii</i>	1	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Gyrosigma scalprodes</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola cf. nivalis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola goeppertiana</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola mutica</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola sp</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cf. clementis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Navicula cf. minuscula</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cf. phyllepta</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula decuss</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
<i>Navicula erifuga</i>	3	13	9	5	13	7	4	8	6	13	6	2	9	4
<i>Navicula ncarum</i>	29	22	23	5	50	40	24	22	24	49	14	4	18	18
<i>Navicula ingapirca</i>	2	1	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	4	6
<i>Navicula muticoides</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula phyllepta</i>	1	2	0	0	2	0	0	2	3	1	9	3	8	8
<i>Navicula protracta</i>	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula schroeteri</i>	4	2	1	0	5	5	2	1	0	1	0	1	1	0
<i>Navicula subrhynchocephala</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Subtotal	261	261	276	290	284	271	279	286	280	272	268	281	271	267

Cuadro XXXIII MATRIZ BIOLOGICA PARA BOQUERÓN HOJARASCA (NEs)

[illegible]

Cuadro XXXIV MATRIZ BIOLÓGICA PARA CHAGRES HOJARASCA (NEs)

ESPECIES	2005						2006							
	OCT		NOV		DIC.		ENE		FEB		MAR.		ABR.	
	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2
<i>Achnanthes ex gua</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes subhudsonii</i>	7	13	11	7	8	2	4	9	15	9	7	6	8	7
<i>Amphipleura lindheimeri</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0
<i>Amphora acutiuscula</i>	1	2	5	15	25	21	4	5	5	8	3	4	4	1
<i>Amphora lybica</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
<i>Aulacoseira granulata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysira itrea</i>	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Bacillaria paxillifer</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0
<i>Caloneis bacillum</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Caloneis sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capartogramma crucicola</i>	1	3	0	1	0	2	3	3	6	4	1	2	0	0
<i>Cocconeis fluviatilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> var <i>euglypta</i>	12	16	28	51	25	14	54	37	60	57	55	85	16	80
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	5	1	0
<i>Cyclotella stelligera</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	0	4	0	0	11	6	6	0	6	2	8	5	3	2
<i>Cymbella kolbe</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella mesiana</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella tumida</i>	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	3	2	0
<i>Cymbella turgidula</i>	9	13	7	7	35	57	10	9	7	8	19	10	4	4
<i>Diploneis elliptica</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema s. lesiacum</i>	1	3	0	0	0	1	2	2	0	2	0	0	0	0
<i>Eunotia</i> cf. <i>laba</i> ?	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia odebrechtiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i> var <i>vaucheriae</i>	0	2	4	0	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Fragilaria gouldard</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria ulna</i>	0	2	1	5	8	11	15	2	15	15	25	9	2	2
<i>Frustulia rhomboides</i> var <i>crassinervia</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geissleria schoenfeldii</i>	163	115	152	122	94	103	122	155	105	107	80	80	165	127
<i>Geissleria schmidiae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gomphonema</i> cf. <i>a. gustum</i>	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Gomphonema gracile</i>	2	2	0	0	3	0	5	1	0	1	0	3	0	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	4	3	0	2	2	0	1	0	2	1	1	2	2	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma kutzingeri</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Luticola</i> cf. <i>nivalis</i>	1	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola mutica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Melosira octogona</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira</i> cf. <i>nummuloides</i>	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> cf. <i>mitigata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	206	188	224	219	224	223	229	225	228	222	213	219	210	231

Cuadro XXXIV MATRIZ BIOLOGICA PARA CHAGRES HOJARASCA (NEs)

[illegible]

Cuadro XXXV MATRIZ BIOLÓGICA PARA TRINIDAD HOJARASCA (NEs)

ESPECIES	2005						2006							
	OCT		NOV		DIC.		ENE		FEB.		MAR.		ABR.	
	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2
<i>Achnanthes exigua</i>	2	1	2	2	1	1	2	2	3	4	1	0	1	3
<i>Achnanthes lanceolata</i>	1	2	0	2	8	4	6	5	45	38	4	3	3	12
<i>Achnanthes subhudsonii</i>	2	3	3	2	6	4	1	2	1	0	0	2	0	0
<i>Amphipura lindheimeri</i>	1	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1	1	1	0
<i>Amphora acutiuscula</i>	2	5	8	7	12	10	3	8	5	5	2	7	6	2
<i>Amphora lybica</i>	4	2	0	0	1	1	0	0	2	7	14	19	40	27
<i>Amphora montana</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira grandilata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysira urea</i>	1	0	1	1	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0
<i>Bacillaria paxillifera</i>	13	2	10	15	15	4	40	43	19	40	59	20	28	40
<i>Caloneis bacillifera</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Capartogramma crucicola</i>	3	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cocconeis fluviatilis</i>	0	0	1	2	6	6	1	0	1	22	2	19	8	9
<i>Cocconeis placentula</i> var <i>euglypta</i>	18	5	7	6	7	13	40	27	83	75	64	116	70	50
<i>Cocconeis scutellum</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	4	8	4	3
<i>Cyclotella stelligera</i>	0	0	0	0	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	4	0	1	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1
<i>Cymbella tumida</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cymbella turgidula</i>	40	3	6	2	2	3	11	6	9	15	18	16	9	9
<i>Diadema confervacea</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
<i>Diploneis elliptica</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis smithii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ecyonema silesacum</i>	1	4	1	1	1	2	1	0	3	0	0	2	0	0
<i>Eunotia faba</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia odebrechtiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capricornata</i> var <i>vaucheriae</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria gouldii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Fragilaria ulna</i>	5	0	1	4	1	0	3	7	3	7	5	7	1	3
<i>Frustulia rhomboides</i> var <i>crassinervia</i>	1	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia rhomboides</i> var <i>saxonica</i>	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geissleria schoenfeldi</i>	30	15	16	20	43	15	29	16	0	1	6	7	4	5
<i>Geissleria schmidii</i>	2	2	1	1	3	6	4	10	9	8	3	12	2	10
<i>Geissleria similis</i>	35	22	70	66	59	120	39	24	13	5	13	12	8	15
<i>Gomphonema affine</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema cf. angustum</i>	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Gomphonema gracile</i>	0	1	3	0	0	3	1	0	0	1	1	2	9	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	7	4	4	9	3	6	2	5	4	5	10	4	1	6
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma kutzingeri</i>	0	0	3	3	4	3	2	2	1	0	5	0	2	0
<i>Gyrosigma scalproides</i>	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	1	1	0	1	2	1	1	0	0	1	3	0	1	1
<i>Hantzschia cf. amphioxys</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola cf. natalis</i>	2	0	1	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	179	78	144	168	182	210	192	165	204	240	216	260	201	198

Cuadro XXXV MATRIZ BIOLOGICA PARA TRINIDAD HOJARASCA (NEs)

ESPECIES	2005						2006							
	OCT		NOV		DIC.		ENE		FEB.		MAR		ABR.	
	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2
<i>L. t. ola mut ca</i>	12	10	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cf. cleme t</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
<i>Navicula cf. nsociab lis</i>	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	1	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Navicula decussis</i>	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	2	1
<i>Navicula erifuga</i>	2	0	1	5	3	1	2	4	2	0	0	2	6	1
<i>Navicula germanii</i>	4	0	2	1	1	3	1	0	0	0	0	1	1	0
<i>Navicula ncarum</i>	17	13	62	51	35	35	40	55	15	3	24	10	14	16
<i>Navicula ingapirca</i>	1	1	5	4	3	3	2	6	2	11	6	2	4	7
<i>Navicula phyllepta</i>	0	14	0	0	1	1	4	5	5	2	9	3	3	5
<i>Navicula protra ta</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula rad osa</i>	0	3	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula hroeteri</i>	2	4	24	17	20	18	21	18	10	3	6	3	3	3
<i>Navicula sp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sps</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula tenelloid</i>	5	9	23	15	23	18	10	16	39	20	11	5	47	34
<i>Navicula viridula var rostellata</i>	1	1	5	3	3	1	7	7	7	5	7	2	6	9
<i>Nitzschia amphibia</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Nitzschia claus</i>	4	6	4	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia d b lis</i>	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia d ssipata fo maew ns</i>	0	2	0	3	1	0	3	4	1	3	5	3	1	0
<i>Nitzschia frustulum</i>	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Nitzschia levidensis ar salinarum</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Nitzschia levidensis ar victoriae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1
<i>Nitzschia l nearis</i>	0	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia lorenziana</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia nana</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i>	1	6	3	5	12	7	13	14	8	10	10	0	5	15
<i>Nitzschia terrestris</i>	38	6	4	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia cf. braunii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pinnularia butantanum</i>	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Pinnularia f. div rgens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pinnularia f. ma o</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pinnularia divergens</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia microstaurum</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia subcapitata</i>	7	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia sp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia sp2</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Planothidium infreq en</i>	4	0	2	4	6	0	2	1	2	0	2	0	3	5
<i>Planothidium salvadorianum</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma sp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhopalodia acuminata</i>	7	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhopalodia g bberula</i>	0	0	3	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sellaphora pupula</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0
<i>Surrella cf tenera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Subtotal	120	109	156	132	118	90	108	135	94	60	83	40	99	101

Cuadro XXXV MATRIZ BIOLÓGICA PARA TRINIDAD HOJARASCA (NEs)

[illegible]

MORFOMETRIA DE LAS DIATOMEAS

Fig 1	<i>Achnanthes lanceolata</i> (Bréb) Grunow	L 11 8 A 3 9 E 12/10
Fig 2	<i>Bacillaria paxillifer</i> (Muller) Hendey	L 75 2 A 4 9 E 20/10 F 8/10
Fig 3	<i>Cocconeis placentula</i> var <i>euglypta</i> (Ehr) Grunow	L 27 7 A 14 E 20 2/10
Fig 4	<i>Cymbella affinis</i> Kützting	L 27 7 A 7 2 E 10/10
Fig 5	<i>Cymbella turgidula</i> Grunow	L 39 6 A 11 8 E 10/10
Fig 6	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange Bertalot	L 98 A 8 7 E 10/10
Fig 7	<i>Geissleria schoenfeldii</i> (Hustedt) L Bertalot y Metzeltin	L 12 8 A 4 9 E 14/10
Fig 8	<i>Geissleria similis</i> (Krasske) Lange Bertalot y Metzeltin	L 11 8 A 4 9 E 16/10
Fig 9	<i>Navicula decussis</i> Østrup	L 21 7 A 6 9 E 16/10
Fig 10	<i>Navicula incarum</i> Lange Bertalot y Rumrich	L 24 7 A 5 1 E 14/10
Fig 11	<i>Navicula schroeterii</i> Meister	L 43 5 A 7 9 E 10/10
Fig 12	<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt	L 15 8 A 3 9 E 12/10
Fig 13	<i>Nitzschia palea</i> (Kützting) W Smith	L 46 5 A 4 95 F 12/10

Unidades de medidas μm L longitud A ancho E estrias F fíbulas

**DIATOMEAS DOMINANTES EN LOS RÍOS
BOQUERÓN, CHAGRES Y TRINIDAD
2005-2006.**

